

**RAPPORTO
185/2015/RDS**

**RAPPORTO SULLO STATO DELLA RICERCA DI
INTERESSE GENERALE PER IL SISTEMA ELETTRICO
NAZIONALE 2012-2014**

**in attuazione dell'articolo 9, comma 1, lettera g), decreto
del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006**

**Rapporto predisposto per il Ministero dello Sviluppo Economico
23 aprile 2015**

INDICE

Premessa	1
Capitolo primo - Quadro normativo	1
Capitolo secondo - La ricerca di sistema elettrico nel triennio 2012-2014	4
2.1. Il Piano triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale	4
2.2. Progetti di ricerca di sistema elettrico di tipo a) - realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nell'ambito dei rispettivi accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico.....	9
2.3. Bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico del 12 dicembre 2008	13
2.4. Bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico del 30 giugno 2014.....	15
2.5. Aggiornamento dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico	16
Capitolo terzo - Sintesi dei risultati tecnico-scientifici 2012-2014	17
3.1. RSE S.p.A.	20
3.1.1 <i>Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale</i>	22
3.1.2 <i>Tecnologie di trasmissione e distribuzione</i>	26
3.1.3 <i>Generazione distribuita e rete attiva</i>	28
3.1.4 <i>Accumulo di energia elettrica</i>	33
3.1.5 <i>Energia da biomasse</i>	34
3.1.6 <i>Energia eolica e marina</i>	37
3.1.7 <i>Energia elettrica da fonte solare</i>	39
3.1.8 <i>Energia da fonte geotermica</i>	40
3.1.9 <i>Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi</i>	42
3.1.10 <i>Utilizzo dell'energia elettrica e solare per il condizionamento estivo</i>	46
3.1.11 <i>Mobilità elettrica</i>	47
3.2. ENEA	49
3.2.1 <i>Sistemi avanzati di accumulo di energia</i>	49
3.2.2 <i>Studi sulla produzione elettrica locale da biomasse e scarti</i>	55
3.2.3 <i>Celle fotovoltaiche innovative</i>	64
3.2.4 <i>Energia elettrica da fonte solare: solare termodinamico</i>	70
3.2.5 <i>Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso</i>	75
3.2.6 <i>Studi sull'utilizzo pulito dei combustibili fossili e cattura e sequestro della CO₂</i>	81
3.2.7 <i>Nucleare da fissione: collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare</i>	92

3.2.8	<i>Attività di fisica e tecnologia della fusione nucleare complementari ad ITER.....</i>	103
3.2.9	<i>Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi.....</i>	109
3.2.10	<i>Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico.....</i>	117
3.2.11	<i>Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione.....</i>	125
3.2.12	<i>Prodotti e processi per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'elettromobilità</i>	131
3.3.	CNR.....	135
3.3.1	<i>Utilizzo pulito di combustibili fossili e biocombustibili.....</i>	135
3.3.2	<i>Bioenergia efficiente</i>	138
3.3.3	<i>Sistemi elettrochimici per la generazione e l'accumulo di energia</i>	147
3.3.4	<i>Condizionamento estivo.....</i>	151
3.3.5	<i>Tecnologie abilitanti per la ricerca di sistema elettrico: componentistica e materiali.....</i>	156
3.3.6	<i>Sviluppo sperimentale di architetture in corrente continua per la ricarica rapida dei veicoli Full Electric (BEV) ed ibridi Plug-in (PHEV) e valutazione di strategie di gestione per l'integrazione efficiente con rete elettrica e fonti rinnovabili in contesti smart grids.....</i>	159

Capitolo quarto - Quadro economico-finanziario dei progetti svolti e di quelli in essere nel triennio 2012-2014	163
--	------------

Appendice 1: Compendio delle attività di ricerca di interesse generale per il sistema elettrico per il periodo 2001-2014

Appendice 2: Normativa di riferimento in materia di ricerca di sistema elettrico

Appendice 3: Delibere dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas in materia di ricerca di sistema elettrico

Premessa

Il documento riporta lo stato della ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale, come previsto dall'art. 9 del decreto del Ministro delle attività produttive 8 marzo 2006, che disciplina le modalità di gestione del Fondo per la ricerca di sistema elettrico. Il periodo considerato è quello che va dal 1 gennaio 2012 al 31 dicembre 2014. Analoghi documenti sono stati realizzati a partire dall'annualità 2007.

Capitolo 1 - Quadro normativo

Il decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato di concerto con il Ministro del tesoro, del bilancio e della programmazione economica 26 gennaio 2000, in attuazione di quanto disposto dal decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79, ha stabilito che i costi relativi alle attività di ricerca e sviluppo finalizzate all'innovazione tecnologica di interesse generale per il sistema elettrico costituiscono onere generale afferente al sistema elettrico. Lo stesso decreto ha stabilito che i costi delle attività di ricerca e sviluppo siano coperti attraverso stanziamenti a carico di un Fondo per il finanziamento di tali attività, istituito presso la Cassa conguaglio per il settore elettrico, alimentato dal gettito di una componente della tariffa elettrica (denominata A5), il cui ammontare è fissato dall'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (Autorità), fino ad un massimo di circa 0,0516 centesimi di euro per kWh consumato dai clienti finali.

Sono previste due tipologie di attività di ricerca: a) a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale; b) a beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale e contestualmente di interesse specifico di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica. Nel primo caso, i risultati non possono formare oggetto di alcun diritto di uso esclusivo o prioritario, né di alcun vincolo di segreto o riservatezza; nel secondo caso, i risultati formano oggetto di diritti di privativa e possono essere utilizzati per lo sviluppo di servizi o di prodotti industriali, con connessi vincoli di segreto o di riservatezza.

Il Fondo è gestito secondo le modalità definite dal decreto del Ministro delle attività produttive 8 marzo 2006. Il decreto prevede che le attività di ricerca di sistema elettrico siano inquadrare in un Piano triennale predisposto e aggiornato periodicamente dal Comitato di Esperti di Ricerca per il Settore Elettrico (CERSE). Nell'espletamento dei propri compiti, il CERSE è assistito dalla Segreteria operativa istituita dalla Cassa conguaglio per il settore elettrico. Il decreto prevede inoltre che per le attività di ricerca a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale, il Ministero possa stipulare accordi di programma con soggetti pubblici o organismi a prevalente partecipazione pubblica, mentre per le attività di ricerca a beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale e contestualmente di interesse specifico di soggetti operanti

nel settore dell'energia elettrica i finanziamenti debbano essere concessi attraverso apposite procedure concorsuali.

Le nuove modalità di gestione del Fondo hanno trovato una prima applicazione con il decreto del Ministro delle attività produttive 23 marzo 2006, con il quale sono stati approvati il Piano triennale della ricerca di sistema elettrico 2006-2008 e il relativo Piano operativo annuale 2006. Il decreto ha previsto anche la stipula di accordi di programma con Cesi Ricerca S.p.A. (poi ERSE S.p.A., ora RSE S.p.A.), con l'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ora Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, ENEA) e con il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Una parte delle disponibilità del Fondo è stata destinata al finanziamento dei progetti di ricerca non compresi negli accordi di programma e previsti dal Piano operativo annuale 2006, la cui selezione ai fini dell'ammissione al finanziamento è effettuata tramite procedura concorsuale, secondo le disposizioni dell'art. 5 del decreto 8 marzo 2006.

Il successivo decreto-legge 18 giugno 2007, n. 73, poi convertito con modificazioni nella legge 3 agosto 2007, n. 125, ha stabilito che il Ministero dello sviluppo economico attua le disposizioni in materia di ricerca e sviluppo di sistema previste dal decreto 8 marzo 2006, rientranti tra gli oneri generali di sistema gestiti dalla Cassa conguaglio per il settore elettrico, anche mediante gli accordi di programma triennali previsti dal decreto del Ministro delle attività produttive 23 marzo 2006, e ha prorogato le relative attività per gli anni 2007 e 2008, per pari importi.

Con decreto 21 giugno 2007, il Ministro dello sviluppo economico, al fine di garantire il rapido avvio delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale, ha quindi attribuito all'Autorità, in via transitoria e fino alla ricostituzione e ripresa di operatività del CERSE, le funzioni di detto Comitato, i cui componenti erano cessati dall'incarico il 30 giugno 2006.

Come dettagliatamente descritto in Appendice 1, negli anni successivi, il Ministro dello sviluppo economico ha approvato un secondo ed un terzo Piano triennale, relativi ai trienni 2009-2011 e 2012-2014, nonché i Piani operativi annuali per gli anni dal 2009 al 2014, dando così continuità alle attività di ricerca svolte da RSE, ENEA e CNR nell'ambito dei rispettivi accordi di programma con il medesimo Ministero. Per quanto riguarda invece il finanziamento dei progetti di ricerca non compresi negli accordi di programma, con decreto del Direttore generale per l'energia e le risorse minerarie del 12 dicembre 2008 e con decreto del Direttore generale per il Mercato elettrico, le Rinnovabili e l'Efficienza energetica, il Nucleare del 30 giugno 2014 sono stati approvati due bandi per la selezione di progetti di sistema elettrico di interesse dell'utente elettrico e contestuale interesse di soggetti operanti nel settore elettrico e in settori collegati. A questo proposito, ritenuto necessario procedere

alla definizione delle modalità di utilizzo dei risultati delle attività di cui all'art. 10, comma 2, lettera b) del decreto 26 gennaio 2000, il Ministro dello sviluppo economico, d'intesa con l'Autorità, con decreto 16 settembre 2010, ha determinato l'ammontare del diritto per l'utilizzo dei risultati delle attività di ricerca finanziata a valere sul Fondo per la ricerca di sistema elettrico.

Capitolo 2 - La ricerca di sistema elettrico nel triennio 2012-2014

2.1 Il Piano triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale

Il *Piano triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale*, predisposto dall'Autorità nelle funzioni del CERSE, è stato approvato con decreto del Ministro dello sviluppo economico del 9 novembre 2012. Il Piano è dotato di risorse per 221 milioni di euro, di cui 170 milioni destinati al finanziamento dei progetti di ricerca svolti nell'ambito degli accordi di programma con ENEA, RSE e CNR, e 51 milioni di euro destinati al finanziamento di progetti selezionati attraverso procedura concorsuale. Di questi, 21 milioni riguardano progetti di ricerca fondamentale a totale beneficio degli utenti elettrici, mentre 30 milioni riguardano progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale a beneficio degli utenti elettrici e di interesse di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica. Contestualmente, è stato approvato il *Piano Operativo Annuale 2012*, dotato di risorse per 62 milioni di euro, interamente destinate al finanziamento dei piani di realizzazione 2012 di RSE, ENEA e CNR.

Con decreto 17 dicembre 2013, il Ministro dello sviluppo economico ha quindi approvato il *Piano operativo annuale (POA) 2013 della ricerca di sistema elettrico nazionale*, poi modificato con decreto del medesimo Ministro del 13 marzo 2014, dotato di risorse per 108,6 milioni di euro. Al finanziamento dei progetti di ricerca svolti nell'ambito degli Accordi di programma con CNR, RSE ed ENEA sono destinati 58,6 milioni di euro, mentre al finanziamento di progetti selezionati attraverso procedura concorsuale sono destinati 50 milioni di euro, un milione in meno di quanto previsto dal Piano triennale di riferimento. Il decreto ha anche modificato la ripartizione delle risorse per i progetti finanziati a seguito di bandi di gara, prevedendo 16 milioni di euro per il finanziamento di progetti di ricerca fondamentale a totale beneficio degli utenti elettrici e 34 milioni di euro per il finanziamento di progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale a beneficio degli utenti elettrici e contestuale interesse di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica.

Con decreto 11 dicembre 2014, il Ministro dello sviluppo economico ha infine approvato il *Piano operativo annuale (POA) 2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale*, dotato di risorse pari a 58 milioni di euro, interamente destinati al finanziamento di progetti di ricerca svolti nell'ambito degli accordi di programma del Ministero dello sviluppo economico con RSE, ENEA e CNR. Per effetto di disponibilità derivanti da stralci, rinunce, esclusioni e revoche riguardanti attività e progetti dei diversi Piani triennali, le risorse rese disponibili con il *POA 2014* sono superiori alle disponibilità residue risultanti dalla programmazione del *Piano triennale 2012-2014*. Il *POA 2014* è finalizzato alla conclusione delle attività intraprese nelle precedenti annualità, nonché all'implementazione dell'accordo sottoscritto l'8 agosto 2014 da Ministero dello sviluppo economico, Regione autonoma della Sardegna, ENEA e Sotacarbo S.p.A.,

per lo sviluppo di un polo tecnologico per la ricerca sul carbone pulito e la costruzione di una centrale elettrica *clean coal technology*.

La ripartizione delle risorse per aree prioritarie di intervento e per tipologia di ricerca per il Piano triennale 2012-2014 e per i Piani operativi annuali 2012, 2013, 2014 è mostrata nelle quattro tabelle che seguono.

Tabella 1 - Piano triennale 2012-2014 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	AdP	Bandi di gara		Totale
	a) ²	a) ²	b) ³	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale				
Evoluzione della domanda e dell'offerta di energia elettrica e scenari futuri	2	-	-	2
Sviluppo del sistema e della rete elettrica nazionale	11	-	-	11
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	17	-	2	19
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo	30	11	8	49
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente				
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energie rinnovabili				
Energia elettrica da biomasse	10	-	5	15
Energia elettrica da fonte eolica	2	-	-	2
Energia elettrica da fonte solare	10	10	5	25
Energia elettrica dal mare	2	-	-	2
Energia elettrica da fonti geotermiche	2,5	-	-	2,5
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	8	-	-	8
Energia nucleare				
Sicurezza, programmi internazionali e reattori innovativi a fissione	8,5	-	-	8,5
Programmi internazionali per la fusione	27	-	-	27
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica				
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	20	-	8	28
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	10	-	-	10
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	5	-	2	7
Mobilità elettrica	5	-	-	5
Totale	170	21	30	221

Tabella 2 - Piano operativo annuale 2012 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale			
Evoluzione della domanda e dell'offerta di energia elettrica e scenari futuri	1	-	1
Sviluppo del sistema e della rete elettrica nazionale	4	-	4
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	6	-	6
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo	10	-	10
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente			
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energie rinnovabili			
Energia elettrica da biomasse	5	-	5
Energia elettrica da fonte eolica	0,5	-	0,5
Energia elettrica da fonte solare	4,5	-	4,5
Energia elettrica dal mare	0,5	-	0,5
Energia elettrica da fonti geotermiche	1,2	-	1,2
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	2,5	-	2,5
Energia nucleare			
Sicurezza, programmi internazionali e reattori innovativi a fissione	3	-	3
Programmi internazionali per la fusione	9	-	9
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica			
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	8	-	8
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	3	-	3
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	1,8	-	1,8
Mobilità elettrica	2	-	2
Totale	62	-	62

Tabella 3 - Piano operativo annuale 2013 ¹ - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	AdP	Bandi di gara		Totale
	a) ²	a) ²	b) ²	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale				
Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale	4,2	-	-	4,2
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	5,6	-	2	7,6
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo				
Generazione distribuita e reti attive	8,4	-	8	26,4
Accumulo di energia elettrica	2			
Materiali di frontiera per l'accumulo elettrico				
Utilizzo del grafene per l'accumulo elettrico	-	5	-	
Altri materiali di frontiera per l'accumulo elettrico	-	3	-	
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente				
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energia rinnovabili				
Energia elettrica da biomasse	3,8	-	5	8,8
Energia elettrica da fonte eolica	0,7	-	-	0,7
Energia elettrica da fonte solare	3	-	5	8
Materiali di frontiera per la conversione fotovoltaica				
Utilizzo del grafene per la conversione fotovoltaica	-	5	-	5
Altri materiali di frontiera per la conversione fotovoltaica	-	3	-	3
Energia elettrica dal mare	0,7	-	-	0,7
Energia elettrica da fonti geotermiche	0,8	-	-	0,8
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	3,5	-	-	3,5
Energia nucleare				
Fissione	3	-	-	3
Componenti innovativi per reattori di IV generazione	-	-	1	1
Fusione	9	-	-	9
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica				
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	7,6	-	11	18,6
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	3,5	-	-	3,5
Utilizzo dell'energia elettrica e solare per condizionamento	1,6	-	2	3,6
Mobilità elettrica	1,2	-	-	1,2
Totale	58,6	16	34	108,6

¹ Nelle forme approvate con decreto del Ministro dello sviluppo economico del 13 marzo 2014.

² Tipologia a): attività di ricerca a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale. Tipologia b): attività di ricerca a beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale e contestualmente di interesse specifico di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica.

Tabella 4 - Piano operativo annuale 2014 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale			
Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale	4	-	4
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	5,4	-	5,4
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo	8,7	-	8,7
Materiali e tecnologie per l'accumulo di energia per il sistema elettrico	1,8	-	1,8
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente			
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energie rinnovabili			
Energia elettrica da biomasse	4,6 a)	-	4,6 a)
Energia elettrica da fonte eolica	0,8	-	0,8
Energia elettrica da fonte solare	3	-	3
Energia elettrica dal mare	1,1	-	1,1
Energia elettrica da fonti geotermiche	0,6	-	0,6
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	2,5 b)	-	2,5 b)
Energia nucleare			
Fissione nucleare	2,5	-	2,5
Fusione nucleare	9	-	9
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica			
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	7,7	-	7,7
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	3,5 c)	-	3,5 c)
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	1,4	-	1,4
Mobilità elettrica	1,4	-	1,4
Totale	58	-	58

Di cui, svolte dai soggetti attuatori del Polo Tecnologico del Sulcis: a) 0,5 M€ b) 2,0 M€ c) 0,5 M€

2.2 Progetti di ricerca di sistema elettrico di tipo a), realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nell'ambito dei rispettivi accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico

Gli accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico prevedono che RSE, ENEA e CNR presentino periodicamente una proposta di piano annuale di realizzazione incentrato sulle proprie attività di ricerca nel settore elettrico.

Le attività di valutazione e verifica sono organizzate dall'Autorità, nelle funzioni del CERSE, che si avvale del contributo della Segreteria operativa e degli esperti appositamente individuati tra i componenti dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico, aggiornato con deliberazione 19 luglio 2012, n. 303/2102/rds.

Le quote di contribuzione sono erogate dalla Cassa conguaglio per il settore elettrico, in fase di ammissione dei piani al finanziamento su disposizione del Ministero dello sviluppo economico, in fase di verifica intermedia o finale dei risultati conseguiti e delle spese sostenute su disposizione dell'Autorità nelle funzioni del CERSE.

In particolare, le attività del periodo 2012-2014 hanno riguardato i progetti svolti nell'ambito degli accordi di programma tra Ministero dello sviluppo economico e RSE, ENEA e CNR, sia previsti dal *Piano triennale della ricerca di sistema elettrico 2009-2011* (attivati il 30 luglio 2009 per RSE, il 2 agosto 2010 per ENEA, il 30 giugno 2011 per il CNR), che dal successivo *Piano Triennale 2012-2014* (attivati il 4 marzo 2013 per RSE, l'11 aprile 2013 per ENEA, il 22 aprile 2013 per il CNR).

RSE S.p.A.

Nel corso del periodo 2012-2014, RSE ha portato a termine le attività dei piani di realizzazione 2011, 2012 e 2013 e ha avviato le attività relative al piano di realizzazione 2014.

Piano annuale di realizzazione 2011

- Il piano di realizzazione 2011 di RSE è stato ammesso al finanziamento dal Ministero dello sviluppo economico il 12 dicembre 2011, per un importo complessivo di 34 milioni di euro.
- Le attività sono state avviate il 1 aprile 2011 e si sono concluse il 31 marzo 2012. RSE ha quindi presentato al Ministero dello sviluppo economico, all'Autorità e alla CCSE il consuntivo delle attività svolte e la rendicontazione delle spese sostenute. A seguito delle attività di verifica condotte dagli esperti individuati con deliberazione 18 maggio 2012, 201/2012/rds, l'Autorità ne ha approvato gli esiti e ha determinato in 34 milioni di euro il contributo complessivo erogabile a rimborso delle spese sostenute (deliberazione 19 luglio 2012, 304/2012/rds).

Piano annuale di realizzazione 2012

- A seguito dell'approvazione del *Piano triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico* e della successiva stipula dell'accordo di programma con il Ministero dello sviluppo economico (4 marzo 2013), RSE ha predisposto e presentato il piano di realizzazione 2012.
- L'Autorità, a seguito della richiesta del Ministero dello sviluppo economico di attivare le valutazioni ai fini dell'ammissione al finanziamento, ha individuato gli esperti da incaricare per la valutazione (deliberazione 22 maggio 2013, 220/2013/rds). Il Ministero dello sviluppo economico, in data 18 e 31 luglio 2013, viste le relazioni degli esperti, ha ammesso al finanziamento il piano di realizzazione 2012 di RSE, per un importo complessivo di 31.375.557 Euro¹.
- RSE ha quindi presentato il consuntivo delle attività svolte e la rendicontazione delle spese sostenute. A seguito delle attività di verifica condotte dagli esperti individuati con deliberazione 19 settembre 2013, 390/2013/rds, l'Autorità ne ha approvato gli esiti e ha determinato in 31.102.105 Euro il contributo complessivo erogabile a rimborso delle spese sostenute (deliberazione 21 novembre 2013, 526/2013/rds).

Piano annuale di realizzazione 2013

- Il piano di realizzazione 2013 di RSE è stato ammesso al finanziamento dal Ministero dello sviluppo economico il 25 luglio 2014, per un importo complessivo di 30 milioni di euro.
- Le attività sono state avviate il 1 aprile 2013 e si sono concluse il 31 marzo 2014. RSE ha quindi presentato il consuntivo delle attività svolte e la rendicontazione delle spese sostenute. A seguito delle attività di verifica condotte dagli esperti individuati con deliberazione 24 luglio 2014 365/2014/rds, l'Autorità ne ha approvato gli esiti e ha determinato in 29.954.249 Euro il contributo complessivo erogabile a rimborso delle spese sostenute (deliberazione 23 ottobre 2014, 517/2014/rds).

Piano annuale di realizzazione 2014

- Nelle more dell'approvazione del *Piano operativo annuale 2014*, a partire dal 1 aprile 2014, RSE ha avviato le attività del piano di realizzazione 2014.

ENEA

Analogamente a RSE, nel corso del periodo 2012-2014, ENEA ha portato a termine le attività dei piani di realizzazione 2011, 2012 e 2013 e ha avviato le attività relative al piano di realizzazione 2014.

¹ Nel presente Rapporto gli importi sono sempre arrotondati all'euro.

Piano annuale di realizzazione 2011

- Il piano di realizzazione 2011 di ENEA è stato ammesso al finanziamento dal Ministero dello sviluppo economico il 12 dicembre 2011, per un importo complessivo di 27 milioni di euro.
- Le attività sono state avviate il 1 ottobre 2011 e si sono concluse il 30 settembre 2012. ENEA ha quindi presentato al Ministero dello sviluppo economico, all'Autorità e alla CCSE il consuntivo delle attività svolte e la rendicontazione delle spese sostenute. A seguito delle attività di verifica condotte dagli esperti individuati con deliberazione 18 ottobre 2012, 427/2012/rds, l'Autorità ne ha approvato gli esiti e ha determinato in 26.915.233 Euro il contributo complessivo erogabile a rimborso delle spese sostenute (deliberazione 6 dicembre 2012, 524/2012/rds).

Piano annuale di realizzazione 2012

- A seguito dell'approvazione del *Piano triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico* e della successiva stipula dell'accordo di programma con il Ministero dello sviluppo economico (11 aprile 2013), ENEA ha predisposto e presentato il piano di realizzazione 2012.
- L'Autorità, a seguito della richiesta del Ministero dello sviluppo economico di attivare le valutazioni ai fini dell'ammissione al finanziamento, ha individuato gli esperti da incaricare per la valutazione (deliberazione 22 maggio 2013, 220/2013/rds). Il Ministero dello sviluppo economico, in data 26 luglio e 8 agosto 2013, viste le relazioni degli esperti, ha ammesso al finanziamento il piano di realizzazione 2012 di ENEA, per un importo complessivo di 27 milioni di euro.
- Le attività sono state avviate il 1 ottobre 2012 e si sono concluse il 30 settembre 2013. ENEA ha quindi presentato il consuntivo delle attività svolte e la rendicontazione delle spese sostenute. A seguito delle attività di verifica condotte dagli esperti individuati con deliberazione 10 ottobre 2013, 443/2013/rds, l'Autorità ne ha approvato gli esiti e ha determinato in 25.560.964 Euro il contributo complessivo erogabile a rimborso delle spese sostenute (deliberazione 12 dicembre 2013, 576/2013/rds).

Piano annuale di realizzazione 2013

- Il piano di realizzazione 2013 di ENEA è stato ammesso al finanziamento con lettere del Ministero dello sviluppo economico del 25 luglio e 13 ottobre 2014, per un importo complessivo di 25,8 milioni di euro.
- Le attività sono state avviate il 1 ottobre 2013 e si sono concluse il 30 settembre 2014. ENEA ha quindi presentato il consuntivo delle attività svolte e la rendicontazione delle spese sostenute. A seguito delle attività di verifica condotte dagli esperti individuati con deliberazione 16 ottobre 2014 493/2014/rds, l'Autorità ne ha approvato gli esiti e ha determinato in 25.465.367 Euro il contributo complessivo erogabile a rimborso delle spese sostenute (deliberazione 16 gennaio 2015, 4/2015/rds).

Piano annuale di realizzazione 2014

- Nelle more dell'approvazione del *Piano operativo annuale 2014*, a partire dal 1 ottobre 2014, ENEA ha avviato le attività del piano di realizzazione 2014.

CNR

Nel corso del periodo 2012-2014, il CNR ha portato a termine le attività dei piani di realizzazione congiunti 2009/2010 e 2011/2012 e ha avviato le attività relative al piano di realizzazione congiunto 2013/2014.

Piano di realizzazione 2009/2010

- Il piano di realizzazione 2009/2010 del CNR, le cui attività si sono articolate tra il 2010 e i primi mesi del 2012, è stato ammesso al finanziamento dal Ministero dello sviluppo economico il 3 gennaio 2012, per un importo complessivo di 6 milioni di euro.
- A conclusione delle attività, il CNR ha presentato al Ministero dello sviluppo economico, all'Autorità e alla CCSE il consuntivo delle attività svolte e la rendicontazione delle spese sostenute. L'Autorità ha quindi individuato gli esperti da incaricare per le attività di verifica (deliberazione 30 agosto 2012, 356/2012/rds). Concluse le attività di verifica, l'Autorità ne ha approvato gli esiti e ha determinato in 5.964.000 Euro il contributo complessivo erogabile a rimborso delle spese sostenute (deliberazione 8 novembre 2012, 469/2012/rds).

Piano di realizzazione 2011/12

- A seguito dell'approvazione del *Piano triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico* e della successiva stipula dell'accordo di programma con il Ministero dello sviluppo economico (22 aprile 2013), il CNR ha predisposto il piano di realizzazione 2011/2012.
- L'Autorità, a seguito della richiesta del Ministero dello sviluppo economico di attivare le valutazioni ai fini dell'ammissione al finanziamento, ha individuato gli esperti da incaricare per la valutazione (deliberazione 22 maggio 2013, 220/2013/rds). Il Ministero dello sviluppo economico, in data 11 marzo 2014, viste le relazioni degli esperti, ha ammesso al finanziamento il piano di realizzazione 2011/2012 del CNR, per un importo complessivo di 4.313.801 Euro.
- Le attività, avviate nei primi mesi del 2012, si sono concluse il 31 marzo 2014. Nell'ottobre successivo il CNR ha presentato il consuntivo delle attività svolte e la rendicontazione delle spese sostenute. A seguito delle attività di verifica condotte dagli esperti individuati con deliberazione 20 novembre 2014, 572/2014/rds, l'Autorità ne ha approvato gli esiti e ha determinato in 4.243.933 Euro il contributo complessivo erogabile a rimborso delle spese sostenute (deliberazione 2 aprile 2015, 148/2015/rds).

Piano di realizzazione 2013/2014

- Nelle more dell'approvazione del *Piano operativo annuale 2014*, a partire dal 1 aprile 2014, il CNR ha avviato le attività del piano di realizzazione congiunto 2013/2014.

2.3 Bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico del 12 dicembre 2008

Con decreto del Direttore generale per l'energia e le risorse minerarie del 12 dicembre 2008, il Ministero dello sviluppo economico ha approvato un primo bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico, destinato al co-finanziamento di attività di ricerca a beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale e di interesse specifico di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica. Con decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 16 febbraio 2010 sono stati ammessi alle graduatorie 26 progetti, per un costo ammissibile complessivo di circa 77 milioni di euro ed un contributo a valere sul Fondo per la ricerca di sistema elettrico di 22.389.066 euro. Nel corso del 2011 e del 2012, gli assegnatari di 8 progetti hanno dichiarato di non essere più intenzionati ad avviare i progetti utilmente ammessi alle graduatorie e hanno quindi rinunciato al finanziamento, adducendo prevalentemente il cessato interesse o il manifestarsi di difficoltà economiche. Nello stesso periodo, l'Autorità ha approvato le modifiche richieste dagli assegnatari di ulteriori 8 progetti di ricerca.

Nel triennio 2012-2014, le compagini di progetto risultate assegnatarie di contributo ai sensi del Bando hanno avviato, sviluppato e, in alcuni casi, concluso le attività previste dai rispettivi progetti.

Analogamente a quanto avviene per gli accordi di programma tra Ministero dello sviluppo economico e RSE, ENEA e CNR, le attività di valutazione e verifica sono organizzate dall'Autorità, nelle funzioni del CERSE, che si avvale del contributo della Segreteria operativa e degli esperti appositamente individuati tra i componenti dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico. Le quote di contribuzione sono erogate dalla Cassa conguaglio per il settore elettrico, successivamente alla stipula del contratto di ricerca per quanto riguarda la quota in acconto, su disposizione dell'Autorità, nelle funzioni del CERSE, per le altre quote, relative alla verifica degli stati di avanzamento o dei consuntivi presentati dagli assegnatari dei progetti.

Al 31 dicembre 2014 risultano conclusi i seguenti progetti, per i quali sono stati approvati i consuntivi dall’Autorità, nelle funzioni del CERSE, ed erogate le quote di contribuzione a saldo:

- *Sistema per la razionalizzazione energetica residenziale con integrazione del condizionamento estivo (SIRRCE)*, (deliberazione del 27/11/2014, 585/2014/rds).
- *Archivio telematico per il riferimento nazionale di reti di distribuzione elettrica: modelli e simulazioni di scenari evolutivi per i nuovi profili di generazione e carico (Atlantide)*, (deliberazione del 9/11/2014, 548/2014/rds).
- *Apparato estensibile con funzioni Integrate di automazione, monitoraggio, Interruzione e Protezione per reti elettriche in media tensione (AIP)*, (deliberazione del 2/10/2014, 475/2014/rds).
- *Microrete in isola per distribuzione di energia elettrica, dotata di PMS per controllo di generatori FER, di carichi ed interscambio con rete pubblica (S_GRID)*, (deliberazione del 2/10/2014, 473/2014/rds).
- *Sistemi e Dispositivi per la tele Misura e la tele attuazione per l'applicazione di tecniche di Demand Side Management alle piccole utenze (SDMxDMS)*, (deliberazione del 7/3/2013, 100/2013/rds).

Per quanto riguarda i progetti ancora in corso al 31 dicembre 2014, sono state adottate le seguenti deliberazioni:

- *Criteri innovativi per la gestione della rete MT - Esercizio della rete MT in schema magliato (SCHEMA)*, rimodulazione dei costi e delle attività ed estensione della durata (deliberazione del 2/10/2014, 474/2014/rds).
- *Sviluppo di un sistema innovativo di produzione di energia elettrica alimentato da rifiuti degli allevamenti avicoli (Energavi)*, approvazione dello stato di avanzamento, della modifica della compagine e dell'estensione della durata (deliberazione del 31/07/2014, 383/2014/Rds) e ulteriore approvazione dell'estensione della durata del progetto (deliberazione del 16/10/2014, 494/2014/rds).
- *Contributo delle masse estranee estese alla rete di terra globale (METERGLOB)*, estensione della durata (deliberazione del 31/7/2014, 382/2014/rds).
- *Progettazione e sperimentazione su larga scala di un sistema decentralizzato per la gestione negoziata tra distributore e clienti domestici dell'energia elettrica smart domo grid (SDG)*, sostituzione del capofila e ulteriori varianti (deliberazione del 3/7/2014, 327/2014/rds).
- *Nuovi materiali e nuove tecnologie per un cogeneratore prototipo a combustione interna (MATEC)*, estensione della durata e sostituzione del capofila del progetto (deliberazione del 30/4/2014, 198/2014/rds).

- *Sidera Trigenerazione ad Alto Rendimento (STAR)*, verifica dello stato di avanzamento ed erogazione della relativa quota di contribuzione (deliberazione del 3/4/2014, 158/2014/rds).
- *Utilizzo sinergico di corona pulsata e microonde per migliorare il rendimento di conversione in energia elettrica da pirogassificazione (Develtar)*, estensione della durata (deliberazione del 03/04/2014, 157/2014/rds).

Con decreti del Direttore generale per il Mercato elettrico, le Rinnovabili e l'Efficienza energetica, il Nucleare del 23 e del 24 settembre 2014, su proposta dell'Autorità nelle funzioni del CERSE:

- Il progetto *Sviluppo tecnologico di processi di gassificazione ad alto rendimento per la produzione di idrogeno da fonti rinnovabili (BioHyTech)* è stato escluso dalle graduatorie di cui al decreto ministeriale 16 febbraio 2010.
- E' stato revocato il contributo assegnato al progetto *Produzione distribuita di energia elettrica e calore da pirolisi di matrici organiche residuali (Piro4MiniPower)*.

2.4 Bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico del 30 giugno 2014

Con decreto del Direttore generale per il Mercato elettrico, le Rinnovabili e l'Efficienza energetica, il Nucleare del 30 giugno 2014 è stato approvato un secondo Bando per progetti di ricerca destinato al co-finanziamento di attività di ricerca a beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale e di interesse specifico di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica, dotato di risorse pari a 34 milioni di euro, ripartite come mostrato in tabella 5.

Tabella 5 - Temi di ricerca e relativi contributi

Tema di ricerca	Contributo
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	2
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo	8
Energia elettrica da biomasse	5
Energia elettrica da fonte solare	5
Componenti innovativi per reattori nucleari dimostrativi LFR e SMR	1
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	11
Utilizzo dell'energia elettrica e solare per condizionamento	2
Totale	34

Il Bando ha previsto che le proposte di progetto, complete di tutta la documentazione richiesta, dovessero essere presentate per via telematica entro le ore 12.00 del 17 novembre 2014, utilizzando un portale per la presentazione dei progetti predisposto dal Consorzio Interuniversitario CINECA nel corso dei primi 8 mesi del 2014.

Entro il termine previsto, sono state presentate 67 proposte di progetto, successivamente analizzate dalla Segreteria operativa istituita presso la Cassa conguglio per il settore elettrico, per verificarne la correttezza sul piano formale. La valutazione di merito finalizzata alla predisposizione delle graduatorie è invece effettuata da commissioni di esperti individuate dall'Autorità nelle funzioni del CERSE.

2.5 Aggiornamento dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico

La gestione delle attività di valutazione nel periodo 2007-2011 ha evidenziato la necessità di modificare i criteri per l'inserimento degli esperti nell'elenco previsto dal decreto del Ministro delle attività produttive 8 marzo 2006, art. 11. L'Autorità, con propria deliberazione 22 dicembre 2011, RDS 13/11, ha quindi approvato i nuovi criteri per l'aggiornamento dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico e avviato una selezione di esperti.

L'elenco è stato aggiornato con deliberazione del 19 luglio 2012, 303/2012/rds. Attualmente risulta formato da 115 esperti, dotati di esperienza almeno decennale e forniti di competenze attinenti il settore elettrico e i settori collegati.

Capitolo 3 - Accordi di programma del Ministero dello sviluppo economico con RSE S.p.A., ENEA e CNR - Sintesi dei risultati tecnico-scientifici 2012-2014

Complessivamente, sono stati conclusi o sono in corso di realizzazione 58 progetti: 36 ad opera di RSE, 19 di ENEA e 7 del CNR. Tre progetti sono svolti in modo indipendente, ma coordinato, da ENEA e RSE, uno da CNR ed ENEA (vedi tabella 6). I risultati tecnico-scientifici ottenuti nell'ambito di questi progetti sono di pubblico dominio e sono liberamente consultabili in apposite sezioni dei siti internet di RSE, ENEA e CNR.

Tabella 6 - Progetti di ricerca conclusi o in corso di svolgimento nel periodo 2012-2014

Area prioritaria di intervento / Progetto	Organizzazione
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale	
Analisi di scenari di sviluppo del sistema elettrico italiano	RSE
Qualità della fornitura elettrica	RSE
Metodi e strumenti per la gestione in sicurezza del Sistema Elettrico e dei suoi componenti	RSE
Sviluppo e applicazione di strumenti per la valutazione del rischio di disservizi e per la loro mitigazione	RSE
Evoluzione della domanda e dell'offerta di energia elettrica e scenari futuri	RSE
Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale	RSE
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	
Tecnologie e componenti innovativi per le interconnessioni di rete	RSE
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	RSE
Generazione distribuita e reti attive	
Attività sperimentali in laboratorio e in campo	RSE
Generazione distribuita, sistemi di accumulo e dispositivi di utente	RSE
Sistemi di previsione di produzione da FER	RSE
Studi e sperimentazioni di sistemi di comunicazione per Smart Grid	RSE
Supporto alle istituzioni per iniziative internazionali	RSE
Sviluppo e controllo di reti attive	RSE
Tecnologie e sensoristica per reti attive	RSE
Generazione distribuita e reti attive	RSE
Accumulo per il sistema elettrico	
Sistemi elettrochimici per la generazione e l'accumulo di energia	CNR
Sistemi avanzati di accumulo di energia	ENEA
Sistemi di accumulo di grande taglia	RSE
Accumulo di energia elettrica	RSE

Tabella 6 - Progetti di ricerca conclusi o in corso di svolgimento nel periodo 2012-2014 (segue)

Area prioritaria di intervento / Progetto	Organizzazione
Energia elettrica da biomasse	
Valutazione e utilizzazione dei biocombustibili ottenuti da residui o scarti agricoli di scarso valore intrinseco e di alghe per l'applicazione in impianti di cogenerazione basati su microturbine	CNR
Studi sulla produzione elettrica locale da biomasse e scarti	ENEA
Sviluppo di sistemi per la produzione di energia elettrica da biomasse e l'upgrading dei biocombustibili	ENEA/CNR
Energia elettrica da biomasse	RSE
Energia elettrica da fonte idroelettrica	
Gestione della risorsa idrica	RSE
Energia elettrica da fonte eolica	
Completamento e affinamento della mappa eolica italiana	RSE
Energia elettrica da fonte eolica	RSE
Energia elettrica da fonte solare	
Ricerca su celle fotovoltaiche innovative	ENEA
Studi sul fotovoltaico con concentrazione solare	RSE
Energia elettrica da fonte solare	ENEA/RSE
Energia elettrica da fonti geotermiche	
Energia elettrica da fonti geotermiche	RSE
Energia elettrica dal mare	
Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso	ENEA
Energia elettrica da fonte marina	RSE
Cattura e sequestro della CO₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo dei combustibili fossili	ENEA/CNR
Impiego sostenibile dei combustibili fossili	RSE
Cattura della CO ₂	RSE
Trasporto e confinamento della CO ₂	RSE
Energia da fonte nucleare	
Nuovo nucleare da fissione	ENEA
Metodi di analisi e verifica di progetti nucleari di generazione evolutiva ad acqua pressurizzata	ENEA
Collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare	ENEA/RSE
Sviluppo competenze scientifiche nel campo della sicurezza nucleare e collaborazione a programmi internazionali per nucleare di IV generazione	ENEA
Attività di fisica e tecnologia della fusione complementari ad ITER	ENEA

Tabella 6 - Progetti di ricerca conclusi o in corso di svolgimento nel periodo 2012-2014 (segue)

Area prioritaria di intervento / Progetto	Organizzazione
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	
Strumenti e tecnologie per l'efficienza energetica nel settore dei servizi	ENEA
Tecnologie per il risparmio elettrico nel settore civile	ENEA
Tecnologie "smart" per l'integrazione dell'illuminazione pubblica con altre reti di servizi energetici e loro integrazione e ottimizzazione	ENEA
Risparmio di energia elettrica nel settore civile : supporto scientifico alle politiche energetiche nazionali e comunitarie	RSE
Risparmio di energia elettrica nell'illuminazione pubblica	RSE
Tecnologie di risparmio elettrico e nei settori collegati industria e servizi	RSE
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	ENEA
Risparmi di energia elettrica attraverso l'uso efficiente di tecnologie innovative	CNR
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	ENEA
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	
Condizionamento estivo	CNR
Climatizzazione solare ad adsorbimento	CNR
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	ENEA/RSE
Mobilità elettrica	
Risparmio di energia elettrica nei mezzi di trasporto: nuovi materiali e componenti innovativi per i mezzi di trasporto	ENEA
Impatto sul sistema elettrico della potenziale diffusione dei veicoli elettrici (PHEV)	RSE
Prodotti e processi per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'elettromobilità	ENEA
Mobilità elettrica	RSE
Materiali e tecnologie abilitanti per la ricerca di sistema elettrico	
Materiali e tecnologie abilitanti per la ricerca di sistema elettrico	CNR

Nel seguito, si riporta una sintesi dei risultati tecnico-scientifici conseguiti nell'ambito dei progetti di ricerca relativi agli accordi di programma tra il Ministero dello sviluppo economico e RSE, ENEA e CNR².

3.1 RSE S.p.A.³

Il piano triennale approvato con decreto del Ministro dello sviluppo economico del 9 novembre 2012 prevede tre aree di intervento, per il governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico e delle reti, per la generazione e protezione dell'ambiente ed infine per l'uso razionale dell'energia elettrica. RSE ha sviluppato in modo pressoché esclusivo la prima (con l'eccezione dell'accumulo, per il quale ha collaborato con ENEA e CNR) e ha operato in modo consistente sulla generazione (escluso il nucleare) e sull'uso razionale dell'energia. L'aderenza alle linee dettate dal piano triennale (riprese nell'allegato tecnico all'Accordo di Programma MISE-RSE) è stata mantenuta nei tre Piani annuali di realizzazione, pur con le modifiche richieste dai decreti ministeriali che si sono succeduti.

La struttura di RSE per il piano triennale

Sono stati coordinati interventi di studio e simulazione a supporto delle politiche energetiche e approfondimenti sperimentali su tecnologie di punta, individuandone alcune per le quali l'apporto italiano è particolarmente significativo a livello europeo. Tra le prime citiamo le analisi di scenario, che hanno permesso di delineare gli sviluppi attesi del sistema in un contesto di profonda crisi della domanda energetica e di vigoroso incremento della produzione da fonti rinnovabili. Tali analisi sono state richieste al fine di adeguare alle direttive europee gli interventi governativi e regolatori, mentre nel campo tecnologico si possono portare ad esempio risultati di forte rilievo legati alla realizzazione di un limitatore di corrente superconduttivo, installato nella rete di distribuzione di Milano, oltre alla operatività di innovativi sistemi fotovoltaici a concentrazione messi a punto nel nuovo laboratorio di Piacenza.

Il supporto alle Istituzioni

Il primo, naturale riferimento è stato il Ministero per lo sviluppo economico, che oltre al ruolo di contraente dell'Accordo di Programma e l'azione di coordinamento insito nel programma di Ricerca di Sistema, ha richiesto in numerose occasioni un coinvolgimento diretto di RSE in attività istituzionali, nel settore della pianificazione energetica, dello sviluppo delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica. Sono da menzionare inoltre alcuni specifici interventi

² Le sintesi sono state curate integralmente ed autonomamente dai titolari degli accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico (RSE, ENEA e CNR) e possono riguardare attività che devono essere ancora valutate, in termini di pertinenza, congruità e coerenza con i Piani annuali operativi di riferimento, ai fini dell'ammissione al finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico.

³ Testo a cura di RSE S.p.A..

richiesti per la valutazione di piani di sviluppo delle infrastrutture energetiche che hanno impegnato ricercatori esperti per pareri e giudizi in collaborazione con i tecnici del Ministero. Analogo svolgimento hanno avuto le attività condotte in collaborazione con l'Autorità per l'energia elettrica il gas ed il sistema idrico, in particolare per quanto riguarda consultazioni nelle quali il contributo scientifico derivante dalle ricerche in corso è stato condiviso con i funzionari dell'Autorità. Non va dimenticato il contesto di collaborazioni avviato con numerose Amministrazioni locali, Regioni, Province e Comuni su argomenti di pianificazione energetica che hanno dato occasione di sperimentare su dati e situazioni reali la validità di strumenti messi a punto dalla ricerca e che hanno trovato l'occasione di essere validati, discussi e messi alla prova nel contesto di situazioni reali e di interesse per la popolazione. Il contributo fornito agli Enti di normativa tecnica, in primo luogo il CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, assume particolare valore dal punto di vista del supporto alle Istituzioni, anche se ovviamente la partecipazione ai Comitati Normativi è un mezzo importante di condivisione e diffusione della ricerca alle Imprese, che in tali Comitati portano avanti le esigenze legate alla propria produzione di beni e servizi. La ricerca pre-normativa svolta da RSE nell'ambito della Ricerca di sistema, infatti ha consentito di fornire solide basi scientifiche e misure probanti per tutte quelle situazioni in cui la standardizzazione è necessaria a fronte di avanzamenti della conoscenza e della tecnica. A questo proposito, si può citare in questa sede la costante partecipazione ed il contributo di RSE nelle tre Commissioni in cui si articola Smart Grid Coordination Group (SGCG) istituito dagli Enti di standardizzazione internazionali, CENELEC per l'energia elettrica) e ETSI (per l'ICT e telecomunicazioni) su mandato (490) della UE per definire le priorità di normativa ai vari Comitati Tecnici in tema di *smart grids*.

Il piano triennale RSE ed il contesto europeo

E' importante sottolineare come il collegamento tra le istanze dettate dall'Unione Europea e la realtà operativa del mondo energetico nel nostro Paese è stato un punto di vista che RSE ha costantemente curato nel triennio. Ciò si è esplicitato, non solo attraverso i progetti co-finanziati dalla UE ai quali RSE ha partecipato, in vari casi anche da coordinatore, ma anche grazie alla attiva presenza nelle assise europee che presiedono la complessa macchina comunitaria in tema di energia. La concreta operatività dei ricercatori di RSE impegnati nella Ricerca di Sistema nelle specifiche strutture create dalle *European Energy Initiatives* e dai *Joint Programmes* della *European Energy Research Alliance*, nonché nelle *Technological Platforms* di competenza, ha dato un respiro più ampio alle attività e ha permesso di promuovere, in alcuni casi, una sorta di via italiana alle nuove tecnologie energetiche, soprattutto nel campo delle *smart grids* elettriche. In conclusione, si può osservare che il posizionamento strategico di RSE nelle sedi europee, grazie alla possibilità offerta dal Fondo per la Ricerca di Sistema elettrico di sviluppare ricerca di

livello internazionale e di apportare un contributo di conoscenza in ambito comunitario, ha costituito in alcuni settori un presidio a tutela degli interessi italiani e permesso la sinergia con altri attori nazionali.

Il collegamento con gli altri beneficiari RDS e il sistema della ricerca

Come previsto dal piano e in ottemperanza alle raccomandazioni e prescrizioni del MiSE, sono stati attivati canali di comunicazione e collaborazione con Enea e CNR per lo svolgimento sinergico di quei progetti che vedono la compresenza dei tre beneficiari degli accordi di programma. In particolare sono stati condotti programmi comuni nel settore dell'accumulo elettrochimico, collaborando con Enea per la definizione di protocolli di prova standard. L'accordo è stato esteso al settore contiguo della mobilità elettrica. L'utilizzo in cascata dei dati relativi alle risorse marine (onde e correnti) e per lo sviluppo di iniziative sinergiche nel settore fotovoltaico sono stati altri due esempi positivi di collaborazione. Anche nel settore dell'efficienza energetica molte iniziative rivolte al mondo istituzionale (MiSE) e industriale (Confindustria Energia) hanno visto convergere i team di RSE ed Enea. La collaborazione con le Università ed altri centri di ricerca italiani, pur in un quadro di riduzione delle commesse di ricerca, data la riduzione dei costi esterni rispetto a periodi precedenti, ha consentito peraltro di ottenere risultati interessanti, in cui la specializzazione di alcune ricerche universitarie si è coniugata con la capacità di visione d'insieme e applicativa di RSE. E' questo il caso di collaborazioni in campo metrologico, o nell'ICT e nell'elettronica di potenza, o ancora nello studio della sicurezza del sistema, campi dai quali sono scaturite interessanti occasioni di diffusione, in occasione di convegni internazionali. La partecipazione agli organi direttivi di associazioni scientifiche, quali AEIT e CIGRE Italia, permette anche di portare avanti iniziative culturali importanti nel campo energetico, coinvolgendo il mondo accademico e delle imprese. Infine non va dimenticata la numerosa schiera dei giovani ricercatori che hanno frequentato i laboratori di RSE e hanno preso parte attiva ai progetti di Ricerca di Sistema grazie agli stage, le borse di studio ed i dottorati di ricerca organizzati in collaborazione con le Università italiane.

3.1.1 Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Il Progetto "Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale" affronta ad ampio spettro i problemi emergenti che stanno determinando profondi cambiamenti - strutturali e normativi - nel sistema e nel mercato elettrico, facendo insorgere nuove criticità come l'aumento del rischio di *black-out* e *cascading*. Le modalità utilizzate sono riconducibili a tre filoni. Il primo ha individuato le criticità che potrebbero interessare il sistema elettro-energetico, effettuando studi di scenario a medio-lungo termine, il secondo ha analizzato in dettaglio la sicurezza d'esercizio del sistema elettrico nella sua configurazione attuale ed il terzo ha condotto studi di pianificazione e sviluppo della rete,

necessari per rimuovere le congestioni a livello nazionale e favorire le interconnessioni con i Paesi limitrofi.

Gli studi di scenario a medio-lungo termine sono stati condotti per valutare le criticità emergenti e per individuare gli impatti determinati sul sistema e sul mercato elettrico dall'applicazione di *policy* specifiche. Ad esempio, in collaborazione con Enea e a supporto del MiSE si è analizzato in dettaglio come incideranno sul sistema elettrico nazionale le prescrizioni del pacchetto europeo "*Clima Energia 2030*". Altri aspetti studiate perché di attuale interesse per il sistema e il mercato elettrico italiano sono stati: l'efficacia dell'uso di sistemi di accumulo per mitigare l'impatto della crescente penetrazione in rete delle fonti rinnovabili non programmabili (FRNP), con priorità di dispacciamento, mettendo a confronto i benefici forniti al sistema elettrico con i relativi costi della tecnologia di accumulo impiegata; le ripercussioni che le *policy* energetiche attuate dagli altri Paesi europei avranno sulla realtà italiana in un contesto di *market coupling* al 2020, verificando se le attuali difficoltà del sistema elettrico italiano (p.es. sovracapacità e difficoltà di dispacciamento) si intensificheranno o saranno attenuate e ponendo l'attenzione sulle variazioni delle importazioni e dei prezzi zionali in Italia; le criticità indotte nel sistema italiano dall'attuazione di politiche di adattamento ai cambiamenti climatici. Per fornire le informazioni scientifiche necessarie ad attuare politiche di adattamento, in stretta collaborazione con TERNA sono state analizzate le vulnerabilità del settore elettrico ai diversi fenomeni meteorologici. Infatti l'aumento in frequenza degli eventi meteo estremi, le variazioni della disponibilità dell'acqua e l'innalzamento termico hanno profondi effetti sulla gestione delle infrastrutture di trasmissione e generazione d'energia e sul fabbisogno energetico stesso. RSE ha elaborato una analisi della dipendenza del sistema elettrico dai cambiamenti climatici, facendo ricorso a simulazioni climatologiche e alle misure dei gas serra climalteranti, dei quali dispone una serie storica.

In un contesto di profonda trasformazione, è d'altro canto di rilevanza significativa lo studio della **sicurezza d'esercizio del sistema elettrico nazionale** per garantire la continuità della fornitura agli utenti finali, in accordo con le attuali direttive europee. Gli studi condotti per ridurre i rischi d'esercizio hanno affrontato con metodi innovativi, che considerano opportunamente gli aspetti dinamici e probabilistici, la situazione nazionale piuttosto critica. Infatti, le logiche del mercato, la crescente penetrazione in rete delle fonti di produzione aleatoria aventi priorità di dispacciamento e margini di sicurezza ridotti a fronte di variazioni improvvise di frequenza, richiedono metodologie avanzate per valutare il rischio di eventi di *cascading* o addirittura di *black-out*. In particolare, è stato utilizzato il prototipo ISAP+ (Integrated Security Assessment Platform una piattaforma integrata per la valutazione del rischio ideata e messa a punto da RSE), applicandolo a una rete realistica di dimensioni e si è definito come le diverse minacce, le vulnerabilità dei componenti e le

contingenze singole o multiple contribuiscono al rischio. I progressi dell'attività relativa al toolbox per l'analisi di sicurezza dinamica N-1 in linea sono strettamente legati al progetto europeo iTESLA coordinato dal TSO francese e supportato da altri cinque TSOs (Transmission System Operators) e un centro di coordinamento dell'esercizio (CORESO). Gli studi passati hanno inoltre messo in luce che una criticità emergente nell'esercizio del sistema riguarda la carenza di inerzia, dovuta alla riduzione del numero di macchine sincrone in esercizio. L'inerzia, oltre a stabilizzare il sistema rispetto alle piccole oscillazioni, ha l'effetto - positivo per la stabilità - di contenere le deviazioni di frequenza negli istanti critici immediatamente successivi a un disturbo, prima dell'intervento della regolazione primaria. Un valore troppo basso di inerzia può far sì che una contingenza diventi critica, con possibile perdita di carico. In tale ambito, il Progetto valuterà quantitativamente le relazioni fra l'inerzia e i valori di picco dei transitori di frequenza e l'adeguatezza di soluzioni che prevedono l'impiego di sistemi di accumulo elettrochimico, caratterizzati da differenti prestazioni di regolazione, per fornire una maggiore risposta inerziale, utile soprattutto nel caso di sistemi isolati o poco magliati, come ad esempio quello della Sardegna. Gli studi sulla flessibilizzazione degli impianti termoelettrici tradizionali sono complementari a quelli sopra delineati. L'AEEGSI sta proponendo riforme delle regole di mercato con l'intento di indurre gli operatori ad aggiornare i propri impianti per acquisire maggiore flessibilità operativa. L'attività di ricerca è volta a individuare metodi e strumenti che consentano di bilanciare al meglio i vantaggi derivanti da un esercizio flessibile di tali impianti con i costi dovuti a mancata produzione, manutenzioni più frequenti e onerose e accorciamento della vita utile dei macchinari. Presupposto fondamentale per il conseguimento di tale obiettivo è lo studio teorico-sperimentale delle "leggi di danno" del materiale, cioè dei meccanismi di base che determinano il degrado, o l'invecchiamento accelerato, di un materiale sottoposto a veloci ed ampie variazioni di stato. Tali fenomeni sono stati oggetto di sperimentazione al fine di procedere alla modellazione numerica termomeccanica per definire il consumo di vita del macchinario, esprimibile ad esempio come numero di cicli di una prefissata manovra che il componente può sopportare in condizioni di sicurezza. Nelle attività di ricerca sono stati inoltre sviluppati due sistemi prototipali, entrambi di tipo ottico: il primo misura la Temperatura Ingresso Turbina (TIT) dei turbogas, il secondo calcola il potere calorifico del carbone mediante la tecnica *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS). Per quanto riguarda la valutazione dei rischi da eventi meteorologici, che tra l'altro hanno provocato estese interruzioni del servizio in occasioni recenti, il Progetto ha affrontato questo problema sviluppando un sistema ad hoc, denominato WOLF (*Wet-snow Overload aLert and Forecasting*), che è in grado di fornire i carichi di ghiaccio previsti sull'intera rete elettrica nazionale di alta e media tensione e la corrente di *anti-icing* che può prevenirla. WOLF è un sistema unico in Europa nel suo genere ed è stato messo a disposizione dei soggetti con i quali è in corso

un'intensa collaborazione. Poiché le previsioni meteorologiche e i modelli di accrescimento impiegati in WOLF necessitano di una calibrazione, il Progetto ha messo in funzione una stazione sperimentale di raccolta, denominata WILD (*Wet-snow Ice Laboratory Detection*), presso il comune di Vinadio (CN). Le prossime attività riguarderanno l'ottimizzazione del calcolo delle correnti di *anti-icing* e la sperimentazione di conduttori innovativi forniti da TERNA. Gli eventi sismici e di dissesto idrogeologico che si sono verificati in Italia negli ultimi periodi hanno riportato all'attenzione dell'opinione pubblica e soprattutto dei decisori politici la valutazione del rischio idroelettrico. L'esercizio in sicurezza delle infrastrutture idroelettriche in caso di eventi sismici è stato valutato applicando nuovi metodi di analisi e di rappresentazione del carico sismico. La normativa recentemente varata per le infrastrutture idrauliche richiede la rivalutazione della sicurezza sismica, ed è stata istituita una Commissione interministeriale che dovrà esprimere a breve un giudizio di merito sui diversi metodi di rivalutazione proposti dagli operatori. L'analisi comparativa dei metodi tradizionali ed innovativi fornita da RSE a conclusione del triennio potrà essere di ausilio alla Commissione per l'esame delle proposte pervenute da parte degli operatori. Per quanto riguarda il dissesto idrogeologico, gli strumenti messi a punto nei precedenti periodi, come il modello afflussi-deflussi del sistema HaltFlood, sono stati affiancati da nuovi strumenti della gestione del rischio come FloodRisk. Gli strumenti citati sono stati validati in collaborazione con un gestore di impianto idroelettrico, che ha messo a disposizione i dati d'impianto, e testati in confronto (benchmark) con altri modelli internazionali.

Le criticità emerse negli studi di scenario e nelle valutazioni della sicurezza d'esercizio del sistema elettrico pongono senz'altro le basi per orientare opportunamente gli studi di **pianificazione e sviluppo della rete**. Sono stati ridefiniti e potenziati due strumenti, gli applicativi REMARK+ e MTSIM+, sviluppati da RSE nell'ambito della Ricerca di Sistema. I due tools tengono conto di due caratteristiche emergenti e rilevanti per il sistema elettrico: la produzione aleatoria delle fonti rinnovabili non programmabili e l'impiego di sistemi di accumulo. Il primo aspetto richiede che gli strumenti modellistici si avvalgano di metodi di tipo probabilistico mentre il secondo aspetto introduce la sequenzialità nelle analisi, necessaria per descrivere il funzionamento nel tempo dei dispositivi di accumulo. Il toolbox sviluppato nel correlato progetto europeo eHighway2050 per implementare in modo semi automatico la complessa metodologia di analisi costi-benefici, rappresenta un applicativo innovativo, in parte per la tecnologia che sarà utilizzata per realizzarlo (Visual Basic per MS-ACCESS), ma soprattutto perché sarà un prodotto facilmente fruibile da un più ampio numero di utenti non necessitando licenze aggiuntive. Sono state condotte analisi sul sistema insulare sardo e su quello nazionale di un'ipotesi di un impianto di pompaggio marino e del collegamento SA.CO.I. 3. Lo stesso strumento è stato utilizzato a livello pan-europeo per l'analisi costi benefici dello sviluppo della rete mediante un sistema di *highway*, mettendo a confronto

percorsi alternativi e differenti tecnologie costruttive. Infine, il Progetto ha analizzato i processi sociali in grado di consolidare la fiducia e il sostegno delle parti interessate ai grandi progetti di infrastrutture elettriche (comprendendo gli aspetti ambientali). Questi temi costituiscono la base del progetto europeo correlato INSPIRE-Grid di cui RSE è coordinatore. Essi sono coadiuvati dallo sviluppo dello strumento SW SESAMO-GIS, che effettua analisi multicriteri e sfrutta le potenzialità rappresentative delle mappe territoriali, e dispone inoltre di un applicativo che determina i costi esterni sul paesaggio, basandosi sui risultati ottenuti con gli esperimenti di scelta.

3.1.2 Tecnologie di trasmissione e distribuzione

Il progetto “Tecnologie di Trasmissione e Distribuzione”, che si occupa dei settori più classici della ricerca sul sistema elettrico non può non tenere conto dell’evoluzione in corso, anzi ha l’obiettivo di contribuire a creare le premesse per cui l’innovazione verso la flessibilità si accompagna al mantenimento, se non all’aumento, delle caratteristiche di sicurezza e di stabilità del sistema; la spinta verso l’economicità si traduca nel miglioramento della conoscenza del sistema e nell’uso dinamico, consapevole e trasparente delle informazioni che è già possibile attingere dal sistema attuale. Tali istanze si declinano nelle due linee di attività su cui si articola il progetto: la prima (*Sviluppo e gestione degli asset delle reti di Trasmissione e Distribuzione*) è volta ai **componenti** chiave del sistema, ad aumentarne la flessibilità di gestione, ad individuare segnali precoci dell’insorgere di possibili problemi, a diminuirne l’impatto una volta che questi si siano verificati, con beneficio diretto per la sicurezza del sistema elettrico e, indirettamente, per tutti i portatori di interesse coinvolti. Gli argomenti trattati comprendono la gestione dinamica delle linee di trasporto, modelli di fenomeni di degrado dei componenti, sistemi di monitoraggio delle loro condizioni, dispositivi che garantiscano al contempo tempestività, modularità ed efficacia nel riparare le porzioni di rete da loro protette.

E’ stata condotta la sperimentazione del conduttore con nucleo in materiale composito, costituito da fibra di carbonio e di vetro, sulla linea 132 kV presso il passo di S. Pellegrino e la conseguente analisi dei dati di temperatura, tensione meccanica, corrente, combinati con il rilievo dei parametri ambientali, ha consentito un’approfondita valutazione del comportamento in esercizio di questa nuova tipologia di conduttori; al contempo, è stato possibile valutare e comparare i sistemi di monitoraggio della temperatura dei conduttori attualmente installati sulla linea, basati su rilievi diretti ed indiretti. Le informazioni ricavate sono state affiancate dai risultati ottenuti nel corso della caratterizzazione in laboratorio di conduttori compositi per l’impiego in fascio, in sostituzione di quelli tradizionali impiegati nelle attuali configurazioni binate e trinate, a livelli di tensione fino a 400 kV, con particolare riferimento al creep e alla fatica meccanica. Tra gli ulteriori risultati più significativi si annoverano la messa a punto di strumenti indicatori dello stato di contaminazione degli

isolamenti per sistemi di trasmissione HVDC, di sensori in grado di rilevare il campo elettrico senza alterarlo, inficiano la misura stessa, di sistemi per il monitoraggio delle condizioni di alcuni componenti critici, di apparecchiature per lo studio delle modalità di propagazione delle scariche parziali. Infine, sono stati realizzati nei laboratori RSE i componenti chiave di un limitatore di corrente superconduttivo in grado di coprire in modo efficace tutte le linee in partenza dal secondario di un trasformatore AT/MT di cabina primaria, minimizzando quindi gli impatti di un guasto sulla rete a valle. A queste attività sono correlate le attività svolte nell'ambito del progetto di ricerca europeo ECCOFLOW, volto alla progettazione, realizzazione e sperimentazione nella rete europea di un limitatore di corrente superconduttivo basato su un conduttore a base di YBCO. All'attività di realizzazione tecnologica si accompagna quella di sviluppo di modelli e di metodologie, con l'arricchimento del codice MORGANA per l'analisi delle modalità di propagazione della scarica su base micro e macroscopica. Ne è stata estesa la portata su base tridimensionale, per applicazioni che si estendono dalle scariche parziali alla copertura di vuoti normativi per la valutazione delle condizioni di sicurezza per l'esecuzione di attività di manutenzione sotto tensione.

La seconda linea di attività (*Misure per il Sistema Elettrico e la Qualità della Fornitura*) riguarda la ricerca di base e prenormativa a supporto di attività regolatorie o comunque di esigenze specifiche e pressanti in tema di **misure di tensione, corrente ed energia**. Non si può non citare in quest'ambito l'azione di supporto dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas e il Sistema Idrico e ai partecipanti del tavolo di lavoro istituito in merito nell'implementazione del sistema di monitoraggio esteso della qualità della fornitura nella rete di media tensione, destinato ad avere un impatto capillare su tutto il sistema Paese. In base alla delibera ARG/elt/198/11, il monitoraggio esteso costituisce il primo passo verso una possibile regolazione dei buchi di tensione.

Non vanno peraltro dimenticati alcuni strumenti innovativi di analisi e di misura, finalizzati al miglioramento, e non solo all'approfondimento della conoscenza, sullo stato del sistema, utili a ottenere un effettivo miglioramento dell'accuratezza delle misure a partire dalle apparecchiature già disponibili, con un impatto positivo sugli strumenti di gestione economica del sistema elettrico e con possibili ricadute e migliorie, anche dal punto di vista della sua sicurezza e stabilità. Per quanto riguarda, ad esempio, le metodologie di verifica di taratura in sito, senza impatto sull'esercizio degli impianti, sono stati ideati dispositivi di sicurezza ed è stata completata la caratterizzazione metrologica in laboratorio del sistema per il livello di tensione più elevato previsto (400 kV) e verificata la stabilità a medio termine. Gli obiettivi del progetto presuppongono la prosecuzione dell'attività di monitoraggio della qualità della tensione e tutte le attività di elaborazione e analisi dei dati acquisiti che possano risultare di supporto tecnico scientifico alla realizzazione del nuovo sistema nazionale e al

suo futuro possibile sviluppo. Di particolare rilievo in tale contesto, sono state le azioni a supporto del tavolo di lavoro, a partire dal coordinamento stesso del Tavolo, che ha portato alla definizione delle azioni a carico delle aziende di distribuzione per approntare il sistema di monitoraggio esteso a tutte le cabine primarie. Dopo il primo anno di esercizio sono state effettuate le analisi ed elaborazioni a campione, di natura prettamente statistica, dei dati raccolti, anche al fine di verificare l'efficacia del metodo di individuazione dell'origine dei buchi di tensione che era stato condiviso dal Tavolo nella prima fase delle attività. E' stato messo a punto il sistema di rendicontazione del monitoraggio nazionale (buchi di tensione), la cui interfaccia verso l'esterno è stata realizzata tramite la specifica e la successiva implementazione di un apposito sito web, denominato MonNaLiSA (Monitoraggio Nazionale a Livello di Stazioni AT/MT). Come riferimento del sistema di monitoraggio nazionale si è mantenuto attivo il sistema di monitoraggio QuEEN, che rimane comunque rappresentativo di un numero non trascurabile di semisbarre MT di cabina primaria e che fornisce i dati completi relativi agli eventi registrati (comprese quindi forme d'onda), che non sono invece trattati da MonNaLiSA). Le analisi condotte con QuEEN riguardano in particolare la valutazione, basata su indici, delle prestazioni della rete MT ai buchi di tensione, lo studio della propagazione dei disturbi tra le reti AT, MT e BT, prestando particolare attenzione alla valutazione statistica del trasferimento dei buchi di tensione dalla rete MT a quella BT. A tale scopo, in collaborazione con A2A, è stato implementato e installato su alcune apparecchiature di misura, a valle dell'opportuna validazione in laboratorio, un nuovo firmware, in grado di acquisire forme d'onda complete associate agli eventi di power quality e di permettere quindi in prospettiva l'applicazione e la valutazione di procedure automatiche di riconoscimento degli eventi di PQ.

3.1.3 Generazione distribuita e rete attiva

Il Progetto Generazione distribuita e reti attive si è posto l'obiettivo di garantire la sicurezza, l'efficienza e la sostenibilità economica e ambientale del sistema elettrico nel nuovo contesto caratterizzato dalla liberalizzazione del mercato elettrico e dagli obiettivi europei di incremento della produzione da fonti rinnovabili e di riduzione dei consumi di energia. La generazione distribuita sul territorio comporta di dotare la rete attiva di distribuzione di una "intelligenza". Sono per questo necessari sviluppi tecnologici a livello dei sistemi di comunicazione, di controllo e dispacciamento delle risorse energetiche, di automazione della distribuzione, dei dispositivi di protezione e di ausilio all'integrazione della generazione nelle reti; si dovrà tener conto delle interdipendenze tra queste tecnologie, perché il funzionamento non corretto di uno di questi elementi potrebbe compromettere le prestazioni dell'intera rete. La realizzazione della rete elettrica intelligente richiede quindi un elevato grado di integrazione dei sistemi ed alti livelli di interoperabilità, con una crescente rilevanza delle moderne tecnologie informatiche e di comunicazione. La

transizione verso un'architettura di rete intelligente e l'utilizzo efficiente della generazione distribuita e in particolare delle fonti rinnovabili non programmabili, richiede anche la necessità di interagire con l'utenza per garantire la stabilità della rete e favorire il risparmio energetico, trasformando il cliente finale da semplice consumatore a gestore attivo dei propri consumi e della propria eventuale produzione. L'utente avrà un ruolo decisivo nello sviluppo delle reti attive, in quanto sarà chiamato a partecipare alla gestione del sistema energetico attraverso l'utilizzo di tecnologie innovative di generazione e di automazione domestica per la gestione dei consumi, adeguandone l'uso in risposta a dei segnali di prezzo dell'energia o alla disponibilità delle fonti rinnovabili. Le tematiche di ricerca affrontate prendono come riferimento la prospettiva di "sistema", cioè sono investigati gli sviluppi necessari a far evolvere la rete elettrica di distribuzione da passiva ad attiva, condizione indispensabile per incrementare la diffusione della generazione distribuita (GD), al fine di consentire un maggior sfruttamento dell'energia da fonti rinnovabili e dei sistemi di cogenerazione, anche attraverso l'impiego di sistemi di accumulo dell'energia.

Il progetto si avvale della disponibilità della **Test Facility di Generazione Distribuita** realizzata nel corso dei precedenti periodi di RdS e oggetto di un costante adeguamento. Si segnala che è stata predisposta l'integrazione della TF con l'impianto pilota di rete attiva MT di Lambrate nell'ambito del progetto Smart Grid di A2A (Delibera AEEG. 39/10 "Lambrate"). La verifica sperimentale di funzioni innovative quali il telescatto da remoto dell'impianto, la regolazione di potenza attiva e reattiva della microrete in funzione delle richieste del distributore e l'attivazione di funzioni di dispacciamento locale e di previsione dei generatori a fonte rinnovabile sono alcuni dei temi resi possibili dall'"apertura" dell'impianto RSE alla rete pubblica di distribuzione.

Sono state quindi studiate nuove architetture di **controllo della tensione della rete e di dispacciamento della GD nelle reti di media tensione e nelle microreti** di media e bassa tensione, le quali, oltre ad essere collegate alle tradizionali reti di distribuzione possono operare in modo autonomo. I risultati ottenuti si sono giovati degli sviluppi apportati nel triennio al controllore VoCANT (Voltage Controller in Active Network Topology), applicativo ideato e realizzato da RSE per il controllo centralizzato di una rete attiva di distribuzione di media tensione. VoCANT garantisce che la rete attiva controllata operi nel rispetto dei vincoli tecnici (tensioni ai nodi, correnti ai rami, scambi di reattivo con la rete AT), agendo con opportune azioni di controllo su risorse proprie del distributore (variatore sotto carico, eventuali sistemi di accumulo) e risorse offerte da terzi (modulazione della potenza reattiva e attiva dei generatori). Il sistema di controllo centralizzato è basato su un Optimal Power Flow (OPF) in corrente alternata, che individua la soluzione ottima minimizzando una funzione di costo su un arco temporale di 24 ore. VoCANT è stato utilizzato all'interno di

due sistemi di controllo di reti MT reali, sia nell'ambito della collaborazione con ACEA sia con Enel Distribuzione, per il progetto EU GRID4EU (DEMO 4: dimostratore su una rete italiana), con lo scopo di validare e migliorare l'algoritmo sulla base dei risultati dei test in campo e delle esigenze messe a fuoco dall'utilizzo in situazione reale. Parallelamente alla sperimentazione in campo reale è stata definita l'architettura funzionale di un sistema di supervisione e controllo per microreti articolato in un insieme di moduli organizzati su tre livelli gerarchici: "Energy Management System" (EMS), cui sono dislocate le funzioni strategiche di gestione complessiva della microrete, "Real Time Control" (RTC) di controllo in tempo reale e "Physical Grid" che comprende i controllori locali della microrete. Per questa architettura è stato sviluppato il modulo principale di ottimizzazione economica del livello EMS, che ha la funzione di definire il programma di esercizio delle risorse controllabili della rete (generatori, sistemi di accumulo, ecc.). Il sistema di energy management è stato sviluppato con un modello di ottimizzazione basato sulla tecnica MILP (Mixed Integer Linear Programming). Con il linguaggio di modellizzazione Hysdel è stato possibile rappresentare, facilmente un sistema ibrido (nella cui formulazione matematica si combinano assieme variabili continue e variabili intere); ciò facilita sia l'espressione del problema di ottimizzazione sia la configurazione su nuove strutture di rete. I sistemi di controllo sviluppati sono stati provati direttamente sulla test facility di generazione distribuita di RSE. I modelli di previsione delle variabili meteorologiche e di stima della produzione da fonti rinnovabili non programmabili sviluppati in questo progetto sono stati utilizzati per fornire al sistema di controllo i dati stimati di produzione fotovoltaica a breve termine.

Si è affrontato il tema dei sistemi di **comunicazione e delle tecnologie ICT** per realizzare l'interoperabilità fra i sistemi operanti nelle reti attive. Si è approfondita la conoscenza dei modelli informativi standardizzati per la rappresentazione della struttura e delle funzioni per la gestione del sistema elettrico. In modo specifico sono stati presi in esame aspetti di sicurezza ICT per individuare contromisure in grado di soddisfare i requisiti di sicurezza associati agli scambi informativi. In questo contesto assumono particolare importanza i fattori che influenzano le prestazioni dei canali di comunicazione power line sulle reti di distribuzione in media tensione. La ricerca ha assunto come riferimento l'attività svolta dallo Smart Grid Coordination Group (SG-CG) per promuovere la standardizzazione della Smart Grid a livello europeo (mandato CEM/490 agli enti di normativa tecnica IEC e ISPI), i ricercatori RSE hanno contribuito attivamente alla definizione di soluzioni standard ICT in grado di assicurare l'interoperabilità tra sistemi, riducendo nel contempo i rischi per la sicurezza informatica. Le soluzioni individuate sono state oggetto di sperimentazione sia in ambito RSE sia in collaborazione con partner esterni, con un particolare riferimento alla cyber security (progetti europei correlati SOeS e SmartC2Net). L'attività relativa alla descrizione standard delle reti (nel formato

IEC "Common Information Model - CIM"), la loro visualizzazione e aggiornamento è stata applicata anche al controllore VOCANT. Sulla base dei risultati raggiunti, il sistema è stato migliorato, come funzionalità e prestazioni, ed è stato realizzato un dispacciatore (VoCANT+) in grado di gestire anche le risorse energetiche di una rete di distribuzione in BT, come quelle presenti nella test facility di GD di RSE. VoCANT+ tiene conto degli aspetti sia elettrici che termici (cogeneratori), oltre che dei possibili controllori locali delle macchine e dovrà essere in grado di mantenere l'assetto (con tempistica 'lenta') anche durante l'esercizio in isola della microrete. Si è iniziata, ottenendo i primi significativi risultati, l'applicazione della co-simulazione all'esercizio delle Smart Distribution Networks, cioè della valutazione del comportamento della rete elettrica insieme alla rete di comunicazione sovrapposta, inquadrando le problematiche relative e definendo gli strumenti software da utilizzare e le metodologie da mettere a punto. A questo proposito si è realizzata una piattaforma per la co-simulazione, dando esempi significativi del suo utilizzo basati su dati di reti reali.

Per quanto riguarda l'integrazione della GD nelle reti di distribuzione sono rilevanti gli aspetti relativi ai **sistemi di protezione di rete, all'inserimento di dispositivi elettronici di potenza** nella loro funzione di interfacciamento della GD, al miglioramento della Power Quality (PQ) in rete e alla possibilità di fornire servizi ancillari. E' stato realizzato un prototipo da laboratorio per le reti di bassa tensione dedicato al miglioramento della PQ, che è stato caratterizzato mediante simulazioni al calcolatore e con un simulatore real time (control hardware in the loop) per verificarne il comportamento in condizioni di disturbo di rete e, in generale, in condizioni sia di regime sia di transitorio di carico. L'attività è stata svolta nell'ambito di una collaborazione con A2A. E' stato anche progettato e realizzato un sistema costituito da una batteria collegata a un generatore fotovoltaico, sul lato comune in c.c., da inserire in un'utenza domestica in bassa tensione. Il sistema fornisce diversi servizi all'utente e alla rete elettrica, quali l'autoconsumo, lo spianamento dei picchi di carico, la riduzione dei costi di approvvigionamento dell'energia elettrica, la regolazione della frequenza, la funzione di UPS oltre che la regolazione del profilo di scambio di energia con la rete elettrica.

La generazione distribuita, i sistemi di accumulo e un numero sempre più elevato di carichi sono di fatto interfacciati con le reti in c.a. attraverso convertitori c.c./c.a, ed è quindi prevedibile ipotizzabile che un **sistema di distribuzione in corrente continua** possa garantire vantaggi dal punto di vista dell'efficienza energetica, della sicurezza e della qualità dell'alimentazione. Sono stati considerati vantaggi e svantaggi connessi con la possibilità di introdurre nelle reti elettriche di distribuzione in c.a. delle sezioni in c.c. interfacciate in uno o più punti con le dorsali in alternata per il tramite di front-end converters. Ciò ha comportato in particolare lo studio del comportamento di

sistemi distributivi, caratterizzati dalla presenza contemporanea di sezioni in c.a. ed in c.c. e con elevata presenza di dispositivi elettronici di conversione, in presenza di guasti, al fine di progettare un'efficace sistema di protezioni dai contatti indiretti per l'impianto e per le persone. A valle dello studio teorico e delle simulazioni condotte, alcune delle configurazioni individuate sono state sperimentate nella microrete Test Facility in c.c. della Test Facility RSE di generazione distribuita.

Nel settore dell'accumulo di energia, ci si propone di fornire elementi conoscitivi per le scelte più funzionali **all'inserimento dei sistemi di accumulo nel sistema elettrico**, a seconda degli obiettivi prioritari per il miglioramento della gestione della rete. In questo progetto vengono considerati i sistemi di accumulo di grande taglia, come i bacini di pompaggio o i depositi di aria compressa, o lo stoccaggio di gas naturale. Per quanto riguarda gli impianti di pompaggio, si è verificato, mediante uno studio circostanziato eseguito su un'ipotesi di localizzazione territoriale precisa, l'interesse a soluzioni che prevedono l'utilizzo dell'acqua marina costiera come serbatoio di valle ed un piccolo bacino di monte posto su un rilievo costiero. È stato dimensionato un impianto dotato di pompe di circolazione innovative, ma disponibili sul mercato, considerando le caratteristiche del sito di Foxi Murdegu in Sardegna. Le simulazioni effettuate per valutare la sostenibilità economica di un tale impianto hanno comportato un'analisi approfondita del funzionamento di impianti eolici presenti nelle vicinanze, l'impiego della rete di trasporto di TERNA attuale e con l'attivazione del nuovo elettrodotto sottomarino e i possibili ritorni dal mercato dei servizi ancillari, oltre ai vantaggi ottenibili dal punto di vista della sicurezza elettrica. Nel contesto della stabilità e sicurezza del sistema elettrico, sono anche importanti i giacimenti per lo stoccaggio del gas naturale, e in particolare l'attività svolta si colloca nell'ambito del D.Lgs. 13/08/2010 n.130, che prevede misure per lo sviluppo di nuove infrastrutture di stoccaggio di gas naturale o il potenziamento di quelle esistenti. I sistemi di accumulo di taglia inferiore, come gli accumuli elettrochimici e i supercondensatori, che possono essere connessi alle reti di distribuzione, ma anche installati a ridosso dei carichi e della produzione, come ad esempio nelle case degli utenti, sono trattati per gli aspetti più prettamente tecnologici nel progetto "Accumulo di energia elettrica".

Parallelamente all'aumento del numero di installazioni da fonti rinnovabili raggiunto in questi ultimi anni, è cresciuta la consapevolezza che il successo del settore necessita nel prossimo futuro di uno **sviluppo armonico con il territorio ospitante**, uno sviluppo fondato non solo sulle potenzialità energetiche, facilmente individuate dagli imprenditori del settore, ma anche e soprattutto sul rispetto delle peculiarità sociali ed economiche del territorio stesso e sulla riduzione dei conflitti sull'uso delle risorse, anche attraverso la promozione di modalità avanzate di comunicazione. Il progetto ha quindi sviluppato degli

strumenti di supporto alla pianificazione dello sviluppo della generazione distribuita su scala regionale in un'ottica di sostenibilità ambientale e sociale. In questo contesto si può inserire anche lo studio sulle opportunità di aumento della produzione elettrica da rinnovabili nelle **isole minori non connesse alla rete**, che, come detto sopra, è stato attivato nella fase finale del piano triennale su richiesta di MiSE, in collegamento con AEEGSI.

Oltre 550.000 **impianti fotovoltaici** per una potenza pari a circa 18.400 MW comportano l'esigenza di proporre metodi per la verifica delle prestazioni, dell'affidabilità in esercizio di moduli e inverter, nonché di definire nuove tecniche di diagnosi dei componenti degli impianti fotovoltaici. L'attività investigativa sul degrado di nuovi moduli fotovoltaici ha permesso di ampliare la casistica dei moduli FV esaminati e di mettere a punto metodi di prove più avanzati. Le prestazioni energetiche nel tempo delle varie tipologie d'impianto ed i relativi metodi diagnostici costituiscono un corpus di conoscenze molto apprezzato dagli operatori. Inoltre, la presenza elevata d'impianti fotovoltaici, più o meno integrati nella copertura degli edifici, ha suggerito di definire delle linee guida che possano integrare/completare le attuali regole, allo scopo di prevenire lo sviluppo e di mitigare la propagazione degli incendi.

Per quanto riguarda la **generazione distribuita**, è stata completata la valutazione sperimentale dell'utilizzo di una tecnologia ancora in fase di sviluppo, la **microturbina a gas a combustione esterna EFMGT (*Externally Fired Micro Gas Turbine*)** alimentata a biomassa solida. Con questa tecnologia si potrebbe ottenere un'efficienza di conversione più elevata di quella ottenibile con gli impianti ORC (Organic Rankine Cycle) e la possibilità di utilizzare solamente la biomassa locale, grazie alla taglia d'impianto più piccola.

Le ricerche relative al Reti attive e Generazione Distribuita sono state condotte in sinergia con quanto previsto dalle iniziative internazionali EERA JP Smart Grids (con particolare riferimento al progetto UE ELECTRA) ed ISGAN - International Smart Grid Action Network, e dai progetti europei correlati. RSE ha anche continuato a partecipare alle attività di EEGI (European Electricity Grid Initiative), avendo espresso il delegato italiano in tale consesso. L'attività è sinergica con il coordinamento del progetto europeo GRID+, che nasce proprio come strumento operativo per supportare il lavoro di questa iniziativa.

3.1.4 Accumulo di energia elettrica

Il **Progetto Accumulo di energia elettrica**, in sinergia con il precedente progetto sulla rete attiva e la generazione distribuita, si pone l'obiettivo di esplorare le opportunità di ottimale sfruttamento dei sistemi di accumulo di energia elettrica per molteplici servizi, alcuni dei quali richiedono "prestazioni in potenza", quindi sistemi in grado di scambiare elevate potenze per tempi brevi (da frazioni di secondo a qualche decina di secondi), mentre altri richiedono "prestazioni in energia", quindi sistemi in grado di scambiare

costantemente potenza con autonomia di alcune ore. Agli indiscutibili vantaggi derivabili dalla loro applicazione sotto il profilo tecnico, si contrappongono i costi spesso non trascurabili, che nella maggioranza dei casi portano a prevedere lunghi tempi di ritorno dell'investimento. E' quindi sempre più necessario uno sviluppo tecnologico che consenta una riduzione dei costi, un incremento della durata di vita e l'utilizzo di materiali economicamente e ambientalmente sostenibili. In quest'ottica, il progetto, ha affrontato lo sviluppo di una configurazione planare di batteria sodio beta, al fine di ottenere batterie caratterizzate non solo da elevate densità di energia (tipiche di questa tipologia di accumulo) ma anche da densità di potenza migliorate, ampliandone così il campo di applicazione con conseguente riduzione dei costi. E' stata progettata e realizzata una nuova mono-cella, caratterizzata da volumi dei comparti anodico e catodico ridotti e da una nuova configurazione dell'elettrodo portacorrente. Oltre alla modifica della geometria di cella si è individuata una tenuta metallo-ceramica della batteria ad alta temperatura, caratterizzata da buona resistenza meccanica e chimica in modo da garantire il richiesto isolamento elettrico tra i due comparti anodico e catodico, anche a fronte di cicli termici. Inoltre sono stati condotti test di caratterizzazione di laboratorio di diverse tipologie di batterie commerciali, con profili di utilizzo tipici di time shift, power quality, integrazione delle fonti rinnovabili non programmabili. Sulla base di tali test ed in collaborazione con Enea e CNR sono state elaborate procedure di gestione delle batterie e di valutazione dell'invecchiamento delle batterie. E' stata validata la procedura di prova per batterie litio-ioni, e predisposta una procedura per batterie ad alta temperatura sodio/cloruro di nichel, analizzando in particolare le misure di sicurezza da adottare, le disposizioni generali di prova e i cicli di lavoro adatti a questa tecnologia. Per quanto riguarda l'invecchiamento di accumulatori innovativi sono stati individuati i parametri diagnostici delle batterie, definendo la correlazione tra questi parametri e lo stato di salute. Ciò si è ottenuto attraverso l'analisi di dati sperimentali e lo sviluppo di un modello dinamico, sia delle celle elettrochimiche che delle batterie complete. Infine, sono stati valutati sperimentalmente i benefici ottenibili dall'utilizzo di supercondensatori accoppiati ad un sistema di accumulo elettrochimico.

3.1.5 Energia da biomasse

Il Progetto si propone di fornire un contributo allo sviluppo della generazione elettrica a partire da biomasse, attraverso lo studio di problematiche di ordine ambientale e tecnologico connesse a tale utilizzo. Sono prese in esame soluzioni tecnologiche innovative di upgrade atte a promuovere una maggiore appetibilità e fruibilità energetica delle biomasse (es.: di quelle di natura residuale ora solo parzialmente utilizzate e/o a basso valore intrinseco per tale uso) o la ulteriore valorizzazione del contenuto energetico di queste (es: biogas non solo nella produzione di energia elettrica ma anche di biometano). Inoltre sono messe a

disposizione degli stakeholder, istituzionali e non, strumenti (modelli, metodologie analitiche e valutative) per il monitoraggio degli impatti (emissioni inquinanti, sostenibilità ambientale) degli impianti di generazione elettrica alimentati a biomasse e per una attendibile, congrua e condivisa applicazione dei meccanismi di incentivazione dell'energia elettrica da essi prodotta.

La **sostenibilità ambientale dell'utilizzo a fini energetici di biomasse** è stata studiata utilizzando lo strumento Life Cycle Assessment (LCA) con un'attenzione particolare alle filiere biomassa-energia di prevalente interesse nazionale, valutando tutti gli impatti potenziali (fattori di pressione) che possono manifestarsi lungo il ciclo di vita della risorsa rinnovabile. Per ciascuna filiera principale è stata effettuata un'analisi degli impatti potenziali, secondo le categorie di impatto selezionate e confrontati gli impatti delle diverse filiere rispetto alla produzione di un kWh di energia elettrica. Per comparazione sono stati considerati gli impatti attribuibili alla produzione di energia elettrica da Cicli Combinati a Gas (BAT fossile). Infine si è operata la traduzione dei risultati di ciascuna filiera in un unico indicatore di sostenibilità ambientale, i costi esterni, previa individuazione dell'idonea metodologia da applicare per la sua derivazione. Il diverso status della biomassa avviata a valorizzazione energetica (prodotto, sottoprodotto, rifiuto), è un aspetto sul quale la legislazione, europea e nazionale, è di recente intervenuta con novità significative, con evidenti riflessi non solo sulla disciplina cui esse sono soggette (ad esempio il Decreto Legislativo sul End of Waste di particolari tipologie di Combustibili Solidi Secondari), ma anche sui meccanismi di incentivazione dell'energia elettrica rinnovabile (ad esempio per particolari categorie come i SOA - Sottoprodotti di Origine Animale). Queste tematiche sono state approfondite per fornire il necessario supporto conoscitivo alle imprese del comparto e alle Autorità nell'implementazione di regole specifiche. Dal punto di vista ambientale, l'impiego delle biomasse per la generazione elettrica comporta minori emissioni di SO₂, grazie al minor contenuto di zolfo rispetto ai combustibili fossili (in particolare al carbone) e - soprattutto - di CO₂ che, come noto, non viene conteggiata tra le emissioni se deriva da biomasse non fossili. La ricerca ha completato la validazione ed il trasferimento in collaborazione con stakeholders (utility), dello strumento modellistico codice OBAMA. E' stato progettato e realizzato l'impianto LOOP, ovvero un circuito sperimentale per la simulazione delle emissioni da processi di combustione, sul quale condurre esperienze di sviluppo di metodi innovativi di misura e controllo, nonché intercalibrazioni tra diversi laboratori; in questo ambito sono stati eseguiti test validativi e attività di intercomparison con stakeholder nazionali e internazionali, relativi al metodo di analisi del ¹⁴C alle emissioni per il monitoraggio/controllo della quota rinnovabile di energia prodotta da impianti ibridi. Sono stati anche eseguiti test validativi e intercomparison inerenti metodologie analitiche normate a livello europeo (CEN) per la caratterizzazione di emissione tipiche da biomasse, eseguite con stakeholder interessati nello specifico ai controlli alle emissioni

(ARPA regionali, utility, ecc.). Tutto quanto sopra è stato condotto in stretta connessione con la partecipazione attiva a gruppi di lavoro di enti normativi nazionali e internazionali operanti nei settori della caratterizzazione delle emissioni da sorgenti fisse; dello sviluppo di metodi e modelli (modello basato sul bilancio di massa e di energia) di determinazione della frazione biodegradabile di combustibili ibridi; della caratterizzazione e classificazione dei Combustibili Solidi Secondari; della valutazione della sostenibilità ambientale dell'utilizzo energetico delle biomasse.

Per quanto riguarda le **indagini impiantistiche**, è stata valutata la possibilità di conseguire un adeguato grado di pulizia del biogas prodotto da biomasse di scarto ai fini di una valorizzazione del suo potenziale energetico. Infatti la produzione di biometano (da immettere nella rete nazionale gas, ma potenzialmente anche destinabile ad utilizzi energetici locali, ad esempio nel settore dei trasporti) è un obiettivo di grande interesse, in relazione alla valutazione dello stato dell'arte della tecnologia disponibile per l'upgrading del biogas. E' stato sperimentato l'esercizio di soluzioni di trattamento appositamente individuate (biofiltro a percolazione per abbattimento di H₂S) presso un impianto di digestione anaerobica alimentato con rifiuti (Forsu) e sottoprodotti/residui. E' stata messa a punto una soluzione innovativa per la rimozione di CO₂ e H₂S mediante un processo di upgrading del biogas a biometano che impiega sorbenti a base di ammine supportate su solidi porosi. Tale soluzione è stata verificata sperimentalmente e ottimizzata su un impianto (test rig) a scala di laboratorio, e, sulla base delle informazioni raccolte, è stato progettato e realizzato un impianto pilota. L'impianto pilota a sorbente solido è stato poi sperimentato presso lo stesso impianto di digestione anaerobica prima citato. Ulteriori verifiche applicative della stessa soluzione innovativa a sorbente solido sono disponibili per l'upgrade di biogas provenienti da impianti di diversa tipologia (es.: biogas da discarica). Allo scopo di migliorare le prestazioni in termini energetici di biomasse vegetali di natura residuale è stato svolto uno studio sulle applicazioni della torrefazione (densificazione energetica). Gli obiettivi potenzialmente raggiungibili, di tipo gestionale (stoccabilità, conservabilità, pellettizzabilità, trasportabilità, ecc.) ed operativo (grindability, fusibilità delle ceneri) possono essere raggiunti mediante interventi di ottimizzazione del processo (es.: recupero e riutilizzo interno dell'energia dei gas di torrefazione) e favorendone la trasferibilità operativa. In ambito nazionale. A questo scopo lo studio di fattibilità tecnico-economica è stato accompagnato dalla progettazione di un modulo di torrefazione di piccola taglia. Il problema della corrosione, rilevante negli impianti di incenerimento rifiuti (impianti WtE) tanto da poter determinare limitazioni delle temperature di esercizio del ciclo a vapore incidendo sull'efficienza globale d'impianto, è stato affrontato focalizzando l'attenzione su soluzioni tecniche per il suo monitoraggio e la sua previsione a supporto di una corretta gestione d'impianto, nelle condizioni operative attuali o anche simulando l'esercizio a più alta

temperatura. Partendo da quanto sviluppato nel triennio precedente e testato su altra tipologia d'impianto, è stato realizzato un tipo innovativo di sonda (sonda tipo MM) in grado di consentire la caratterizzazione contemporanea di fino a sei diversi materiali, da utilizzare in termovalorizzatori. Il sistema di monitoraggio, completo che comprende la nuova sonda MM e la sonda di tipo T&R sviluppata in precedenza, fornisce in linea la misura dello spessore residuo medio del campione esposto in impianto nell'ambiente aggressivo. Il sistema è stato testato, ai fini della sua validazione/ottimizzazione, in collaborazione con stakeholder, mediante campagne di lunga durata condotte presso un termovalorizzatore, associando le necessarie attività di laboratorio.

Infine, il tema del contenimento delle emissioni inquinanti (NO_x e particolato) è stato affrontato mediante uno studio di fattibilità relativo ad una soluzione che integra in un'unica unità filtrante soluzioni tecniche già ora individualmente disponibili (il processo SCR-DeNO_x; filtro a manica per abbattimento del particolato di combustione), valutando i vantaggi ottenibili per gli stakeholder (infrastrutturali, condizioni di esercizio del catalizzatore, formazione di sottoprodotti indesiderati, costi di investimento e di manutenzione).

3.1.6 Energia eolica e marina

Il progetto si propone di perseguire attività di ricerca per promuovere a medio e lungo termine la produzione di energia elettrica da fonte eolica e da fonte marina, in un contesto nazionale sempre più integrato nel contesto europeo. La produzione da fonte eolica e da fonte marina costituisce e costituirà un contributo significativo al mix energetico dell'Italia e più in generale dell'Europa per il raggiungimento degli obiettivi per la produzione da fonti rinnovabili fissati per il 2020 e per quelli al 2030. Le due linee del progetto (energia da fonte eolica e da fonte marina) corrispondono a due macro-settori di sviluppo che, allo stato attuale, differiscono fortemente per grado di conoscenze, maturità della tecnologia e numero di installazioni esistenti. Nonostante queste differenze, l'approccio del progetto è simile in entrambi i casi e si basa sia sull'esecuzione di misure in campo che sull'utilizzo di studi e modelli per la valutazione della risorsa disponibile e del potenziale energetico delle varie fonti a diverse scale (nazionale, regionale, locale). Il proseguimento delle campagne di misura già in corso e l'avvio di nuove hanno accresciuto nel corso del tempo la banca dati di misure disponibili per studi locali e validazione di modelli. In particolare, nel caso dell'eolico, le misure si rivolgono principalmente alla **valutazione della risorsa offshore** ad oggi ancora gravata da grande incertezza per la quasi totale assenza di misure dirette. Le informazioni sulla risorsa eolica (in primis quelle contenute nell'Atlante eolico già realizzato da RSE e mantenuto aggiornato sul sito web) e sulla capacità eolica installata sono state impiegate per eseguire valutazioni in merito al potenziale nazionale di repowering, tema particolarmente interessante per scenari a breve termine,

in quanto i primi impianti installati in Italia negli anni novanta si trovano nei siti migliori e in pochi anni raggiungeranno la fine del periodo di incentivazione e della loro vita utile. Il **repowering**, cioè la sostituzione delle turbine dei parchi eolici arrivati a fine vita con aerogeneratori di taglia superiore e più moderni ed affidabili potrebbe consentire di aumentare la produzione di energia da fonte eolica con un aumento molto contenuto in termini di impatti visivi e di consumo di suolo e potrebbe migliorare l'accettazione di questi impianti.

Il campo dell'**eolico offshore** è il settore in cui sono attesi i maggiori sviluppi e la maggior innovazione del settore eolico. Per l'Italia, come per gli altri Paesi Mediterranei, si tratta di affrontare questa sfida, resa difficile dalle caratteristiche dei fondali, con particolare riguardo alla tecnologia dei sistemi eolici galleggianti, non ancora matura e per la quale i risultati della ricerca sono attesi a medio-lungo termine. Alla luce dei possibili sviluppi futuri, sono state valutate le capacità di alcune infrastrutture già presenti sul territorio, quali i porti, i cantieri e le società di progettazione, e i possibili fattori di riduzione dei costi per fondazioni e sistemi per acque intermedie (profondità maggiori di 30 m) e profonde (profondità maggiori di 60 m). In particolare, riguardo a queste ultime, è stata ripresa un'attività di studio e simulazione di sistemi eolici galleggianti al fine di valutare quali sono le caratteristiche delle aree marine sfruttabili con questa tecnologia (ancora allo stato prototipale) e, quindi, quali saranno le aree offshore in cui migliorare/estendere l'atlante eolico.

La **valutazione della risorsa eolica in aree offshore** è stata condotta su casi di studio in aree di cui siano note misure di vento significative, per poter procedere alla calibrazione dei modelli e/o alla verifica dei risultati ottenuti. In particolare, le aree geografiche che includono la transizione terra-mare sono particolarmente complesse e trattate con metodologie diverse in campo internazionale. Le misure effettuate dalla boa offshore installata da RSE in prossimità del Capo Granitola in Sicilia hanno consentito di mettere a punto la catena modellistica utilizzabile per queste tipologie offshore.

Per quanto riguarda, invece, il campo dei **moti marini**, le misure sono rivolte sia a valutare il potenziale in aree non ancora esplorate, sia a valutare il clima d'onda in un sito scelto per le future prove in campo di un **prototipo concepito per la produzione di energia dalle onde**. Lo sviluppo di questo prototipo è una delle attività più innovative del progetto, ed è basato su un concetto già analizzato nello scorso triennio di ricerca. Nel progetto sono state svolte simulazioni con un modello numerico fluidodinamico a medie di Reynolds (CFD-RANS), mirati alla verifica di funzionamento del dispositivo per diverse condizioni d'onda del Mediterraneo e all'ottimizzazione del disegno della condotta fissa dello strumento. Sono stati definiti gli input per la progettazione di massima del dispositivo, identificati i componenti principali e costruito un modello idraulico in scala su cui sono state eseguite prove in vasca di laboratorio idraulico. E' stata installata una **stazione ondometrica** e

correntometrica pilota nel Porto di Civitavecchia dove verrà in futuro installato il prototipo del dispositivo di generazione elettrica da moto ondoso. Inoltre sono proseguiti gli studi a livello locale per la determinazione dell'energia da moto ondoso in siti promettenti per il suo sfruttamento. La metodologia adottata prevede modelli numerici a "cascata", partendo cioè da quelli a scala di bacino del Mediterraneo, passando a modelli regionali di "meso-scala", per arrivare alla valutazione di dettaglio del moto ondoso presso la costa. Utilizzando modelli a scala locale, a partire da dati ondometrici disponibili e dai risultati ottenuti dal corrispondente progetto ENEA sono stati calcolati i climi d'onda stimati in siti promettenti, quali ad esempio quelli presenti nel Canale di Sicilia.

3.1.7 Energia elettrica da fonte solare

Il progetto si propone di contribuire allo sviluppo di soluzioni innovative nel campo della tecnologia fotovoltaica, anche a fronte del venir meno degli incentivi, superandone gli attuali limiti che sono in sintesi riconducibili ai costi specifici elevati e alla limitata efficienza di conversione della radiazione solare. Sono state considerate tutte le fasi della filiera tecnologica, a partire dalla crescita delle celle a multi-giunzione e dall'ottimizzazione dei relativi processi di post-crescita, necessari per realizzare il dispositivo completo, per arrivare ai moduli fotovoltaici ed a sistemi completi CPV (Concentrated PhotoVoltaic). Le soluzioni tecnologiche individuate si propongono di aumentare l'efficienza dei sistemi fotovoltaici oggi presenti sul mercato, mantenendo costi contenuti sia di realizzazione sia di manutenzione ed un'alta affidabilità. La tecnologia fotovoltaica a elevata concentrazione, che utilizza materiali basati sugli elementi dei gruppi III e V della tavola periodica, è considerata una delle filiere più promettenti ed è attualmente in espansione a livello internazionale. Questo tipo di tecnologia consente di raggiungere efficienze di conversione molto elevate e soprattutto di utilizzare, a parità di potenza installata, quantità estremamente ridotte di materiale semiconduttore pregiato. In particolare, il reattore MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition), di cui è dotato il laboratorio di RSE, ha caratteristiche uniche e innovative che consentono la crescita di nuovi materiali e strutture fotovoltaiche. Ad esempio è stata sperimentata la crescita dei composti dei gruppi III-V insieme ai composti del gruppo IV della tavola periodica degli elementi, per migliorare l'efficienza del dispositivo e la crescita su substrati a basso costo (Silicio). Gli strumenti di caratterizzazione strutturale, come il diffrattometro a raggi X a triplo cristallo, di cui è dotato il laboratorio RSE, consentono invece di investigare la qualità di strutture fotovoltaiche avanzate. Per quanto riguarda la realizzazione di celle fotovoltaiche ad elevata concentrazione, l'attività svolta ha consentito di realizzare, mediante il reattore citato, una cella a tripla giunzione InGaP/InGaAs/Ge, completa di metallizzazione e rivestimento antiriflettente con efficienza di oltre 36%. I rivestimenti antiriflesso convenzionali da applicare alle celle sono stati ottimizzati, oltre che sviluppati i primi prototipi di coating

innovativi di tipo nano-strutturato, antiriflesso e anti-sporcamento (per moduli). Mediante le attrezzature per la caratterizzazione in laboratorio (indoor) delle celle è stata messa a punto una gamma diversificata di verifiche, eseguendo le operazioni in modo rapido, efficiente ed affidabile, in ottemperanza alle recenti normative del settore. E' stata realizzata una Test Facility per la caratterizzazione outdoor di moduli fotovoltaici. Per quanto riguarda la concentrazione, è stato progettato e realizzato un focalizzatore ottico innovativo, oltre ad un sensore originale di puntamento solare integrato nei moduli fotovoltaici ad elevata concentrazione. Sono stati quindi realizzati moduli fotovoltaici a concentrazione ad alta efficienza e fattore di concentrazione solare, che incorporano sia il focalizzatore che il sensore di puntamento sviluppati. A completamento delle attività sperimentali e in collaborazione con gli enti di ricerca attivi nel settore si è realizzato un database di raccolta dati sulla radiazione solare diretta e sull'irradianza spettrale, ed è stata definita una metodologia per la realizzazione di mappe accurate di queste grandezze, utilizzabile per la stima della reale producibilità energetica degli impianti fotovoltaici a concentrazione installati nel nostro Paese. La ricerca è stata condotta in forte interazione con il contesto nazionale e internazionale: RSE è stato coordinatore del grande progetto APOLLON , conclusosi con successo nell'estate 2013, oltre che partner di altri progetti europei del 7° Programma Quadro UE, costruendo un costante e proficuo rapporto di collaborazione con altri centri di ricerca e con l'industria. Un nuovo progetto internazionale incentrato sulla tecnologia fotovoltaica a concentrazione è stato presentato al termine di questo triennio nell'ambito del nuovo programma Quadro "Horizon 2020" e consentirà di dare continuità anche in futuro al team che opera nel nuovo laboratorio di Piacenza.

3.1.8 Energia da fonte geotermica

Una fonte energetica rinnovabile e non convenzionale come quella geotermica può fornire un valido e concreto contributo al contenimento dei gas serra, sia per quanto riguarda la produzione di energia elettrica, sia per un suo utilizzo diretto, come ad esempio per il risparmio energetico. Quest'ultima tipologia di utilizzo dell'energia geotermica non fa parte però degli obiettivi del progetto, che è rivolto esclusivamente alla produzione di energia elettrica. Diversi fattori frenano gli investimenti nella filiera geotermica e risiedono nel fatto che essa è molto dipendente dalle condizioni geologiche e logistiche di sito, dal rischio minerario connesso, dai tempi di ritorno lunghi degli investimenti necessari e da una difficoltà tipica italiana, come i tempi troppo lunghi e gli esiti troppo incerti nel procedere degli iter autorizzativi. L'obiettivo del progetto consiste nella valutazione della possibilità di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti geotermiche, principalmente a media entalpia, con l'utilizzo di impianti a ciclo binario e focalizzando la ricerca sugli aspetti principalmente geologici e modellistici, senza trascurare quelli peculiari

e legati alla sicurezza e all'ambiente. Nell'ambito della Ricerca di Sistema elettrico lo studio delle problematiche concernenti l'energia elettrica prodotta da fonti geotermiche è stato inserito per la prima volta nel piano triennale 2012-2014. RSE ha messo a frutto le esperienze e competenze geologiche, oltre che ambientali e ingegneristiche, idonee per affrontare le problematiche connesse allo sfruttamento dei campi geotermici. In particolare sono state riconvertite competenze e risultati pregressi legati all'individuazione di potenziali serbatoi geologici idonei al confinamento permanente in profondità della CO₂ catturata dagli impianti di generazione termoelettrica. In questo contesto è stata sviluppata ed affinata una metodologia di lavoro che ha avuto come obiettivo finale la definizione dettagliata in 3D degli strati geologici con adeguato potenziale termico. La metodologia sviluppata è basata sull'analisi della geologia a diverse scale, sui profili dei pozzi profondi e sulle sezioni di sismica a riflessione disponibili. Molto di questo materiale geologico è consultabile sul portale del progetto ViDEPI-Visibilità dei Dati Esplorazione Petrolifera in Italia, promosso dal Ministero dello sviluppo economico. Tale fonte è stata utilizzata, in collaborazione con i tecnici del Ministero, per realizzare GeoWebGis, strumento a supporto della caratterizzazione dei siti nell'ambito della geotermia, stoccaggio idrocarburi e CCS-Carbon Capture and Storage, consultabile via web e che consente anche di scaricare molte informazioni in diversi formati utili per l'utente. È stato eseguito un accurato censimento delle informazioni geologiche disponibili (pozzi, misure di temperatura, linee sismiche a riflessione, carte geologiche, prospezioni geofisiche) per individuare le aree del territorio italiano potenzialmente idonee allo sfruttamento geotermico di tipo classico (idrotermale), e dei sistemi Enhanced Geothermal Systems - EGS, e le zone con risorse a media entalpia, dove si può prevedere un'impiantistica per la produzione elettrica basata sui cicli binari. Lo studio della sismicità associata ai campi geotermici e al loro sfruttamento è stato effettuato per censire e catalogare siti e campi geotermici, caratterizzando la storia sismica di un sito geotermico. I cataloghi sismici, storici e moderni, così raccolti sono stati inseriti in un database sviluppato in ambiente open source Quantum Gis, che dà la possibilità di eseguire estrazioni mirate e generare un catalogo di riferimento. Sono state prese in considerazione le ricadute sulla geotermia dei risultati della "Commissione Ichese" che hanno riguardato la valutazione delle possibili relazioni tra le attività di sfruttamento degli idrocarburi e l'aumento di attività sismica nel territorio della regione Emilia Romagna colpita dai terremoti del mese di maggio 2012. Sono stati considerati anche i rilasci del radon eventualmente associati allo sfruttamento geotermico, che peraltro non sono risultati distinguibili da quelli naturali di fondo. La suite modellistica GeoSIAM, realizzata nel precedente triennio di Ricerca di Sistema, e focalizzata sul settore attinente lo stoccaggio geologico della CO₂, è stata resa idonea ad operare anche nel campo della geotermia. Sono stati realizzati di modelli geologici 3D molto raffinati che tengano conto della complessità delle formazioni geologiche,

della strutturazione profonda, della presenza di faglie, della eterogeneità dei parametri petrofisici delle rocce e del modello concettuale di circolazione dei fluidi e dei gas associati. La suite modellistica, denominata GeoSIAM, è stata rilasciata con i relativi manuali d'uso e consente di simulare le migliori strategie di iniezione e estrazione dei fluidi endogeni per validare la sostenibilità nel tempo dello sfruttamento geotermico e la posizione ottimale dei pozzi di iniezione e estrazione. La simulazione numerica è stata applicata a siti potenzialmente idonei, considerando fluidi geotermici con volumetrie rapportate ad una potenza massima di 5 MWe e con impianti a ciclo binario - ORC. Per quanto riguarda lo sfruttamento della risorsa geotermica ad alta entalpia le soluzioni impiantistiche sono note, mentre per le risorse a media entalpia non sono ancora standardizzate. La ricerca ha permesso di verificare la fattibilità dell'utilizzo degli impianti a ciclo binario-ORC con potenza massima fino a 5MWe e in particolare la loro applicabilità nel caso di risorsa geotermica a media entalpia costituita esclusivamente da fluidi.

3.1.9 Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi

Il Progetto "Risparmio dell'energia elettrica" è finalizzato a favorire la diffusione dell'efficienza energetica ed a contribuire alla rimozione delle barriere che ne ostacolano lo sviluppo, nell'ottica di conseguire gli obiettivi di crescita previsti dalle norme internazionali e nazionali. Il progetto è articolato secondo due principali linee di azione, fra loro complementari. La prima costituisce un supporto alle politiche energetiche delle istituzioni pubbliche, sia centrali che locali, e sostegno alla promozione di progetti di riduzione dei consumi energetici, nonché alla diffusione delle migliori pratiche nel mondo delle imprese e dei servizi. La seconda propone lo studio, ricerca e verifica sperimentale di tecnologie efficienti, per favorire la diffusione dell'efficienza nell'uso e nella fornitura dell'energia nei diversi settori, ponendo particolare enfasi allo sviluppo di tecnologie in grado di promuovere un uso efficiente delle fonti rinnovabili.

In termini di **supporto alle politiche energetiche** RSE vanta una consolidata e matura esperienza nei confronti sia delle istituzioni pubbliche che degli stakeholders del settore privato. Meritano di essere citate, a titolo di esempio, **la collaborazione con MiSE (insieme a ENEA e CTI) per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE** riguardante la prestazione energetica degli edifici, nonché per il completamento del quadro normativo con la stesura dei decreti attuativi e il supporto per il recepimento della Direttiva 2012/27/EU riguardante lo sviluppo dell'efficienza energetica. L'attività ha permesso di approfondire e definire le condizioni regolatorie previste dalle Direttive, oggetto dei decreti di recepimento e dei successivi decreti attuativi. Sono state inoltre effettuate valutazioni di impatto e di sostenibilità degli interventi previsti per l'Italia dal pacchetto Clima Energia 2030 e considerate le prescrizioni del Decreto 28 dicembre 2012 per la determinazione degli obiettivi quantitativi nazionali di

risparmio energetico che devono essere perseguiti dalle imprese di distribuzione dell'energia elettrica e il gas per gli anni dal 2013 al 2016 e per il potenziamento del meccanismo dei Certificati Bianchi.

Inoltre, la necessità di creare una **metrica comune per la quantificazione del risparmio energetico** ha richiesto la partecipazione attiva a gruppi di lavoro, sia consultivi della Commissione Europea (come EDMC/ESF, composto di esperti nazionali di nomina ministeriale), sia normativi (Task Force 190 di CEN/CENELEC), sia internazionali (gruppo IEA sugli indicatori di efficienza energetica, per l'aggiornamento annuale delle serie storiche dei dati nazionali) con il compito di sviluppare un insieme coerente di metodi, armonizzati e applicabili in tutti gli Stati, che consentano la rendicontazione dei risparmi di energia previa la disponibilità di una base di dati ridotta al minimo. In questo contesto si inseriscono anche i progetti europei correlati: *Smart Consumer Smart Customer Smart Citizen (S3C)*, che ha come obiettivo quello di promuovere il comportamento "smart" dei clienti domestici e delle piccole e medie imprese attraverso la loro partecipazione attiva alla gestione della rete; *Meter-on*, azione di coordinamento e supporto sui progetti smart metering in corso o conclusi in Europa; *INTRPID*, che ha come obiettivo lo sviluppo di tecnologie che consentono di gestire i flussi energetici a livello di singola unità abitativa (controllo ottimale dei carichi intelligenti elettrici e termici), a livello di edificio, di agglomerati di edifici e di interagire con i produttori locali, gli aggregatori e i distributori di energia.

Relativamente al **supporto scientifico a AEEGSI** per la determinazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico, l'attività ha permesso, per ciascun settore (civile, industriale e trasporti) l'individuazione delle possibili tipologie di interventi di efficienza energetica che si possono realizzare, definendo le tecnologie, la relativa stima dei risparmi energetici conseguibili ed i relativi costi.

Anche sul fronte del **supporto agli enti locali**, RSE, con gli accordi di collaborazione stipulati con più enti, quali Regione Emilia Romagna, Puglia, e le provincie di Alessandria e di Trento, rappresenta un punto di riferimento per il supporto alla pianificazione energetica di aree provinciali e comunali, collaborando alla stesura dei piani energetici e fornendo supporto su specifiche tematiche. E' stata messa a punto una specifica metodologia, che opera attraverso un approccio top-down, associando alle diverse tipologie di utenza sia indicatori che sono in grado di caratterizzare i singoli settori, come le abitazioni, i dipendenti pubblici, i posti letto e così via, sia specifici indicatori di intensità energetica (elettrica e termica). Tale approccio metodologico è particolarmente utile per la predisposizione di piani energetici locali, consentendo, con un approccio semplificato, ma tecnicamente tracciabile e riproducibile, di ricostruire lo scenario energetico da cui partire per avviare interventi di riqualificazione energetica. La metodologia è stata verificata su

alcuni casi esempio nell'ambito di accordi di collaborazione fra RSE e Regione Emilia Romagna e Liguria, ACER Reggio Emilia, e Agenzia Provinciale per le Risorse Idriche e l'Energia di Trento. La procedura è in via di codifica in un'applicazione in grado di organizzare e automatizzare i vari passaggi, al fine di accelerare il processo di calcolo, per eliminare gli errori che possono derivare da un approccio "manuale e soggettivo".

In questo quadro, al fine di valutare l'impatto ambientale che gli interventi di efficienza energetica possono determinare, è stato sviluppato uno specifico settore di studi per valutare gli effetti sulla qualità dell'aria ed in generale della sostenibilità degli interventi di efficienza energetica. A tal fine è stata predisposta ed implementata una articolata catena modellistica, che include due modelli atmosferici: CAMx e WRF-Chem. CAMx permette di ricostruire in modo efficiente sia l'impatto degli scenari che verranno messi a punto alle varie scale d'interesse che il ruolo delle diverse categorie emmissive coinvolte mentre WRF-Chem, più completo ed evoluto del precedente, permette di investigare il ruolo e l'incidenza delle interazioni fra qualità dell'aria e clima. La valutazione delle conseguenze ambientali degli interventi di risparmio energetico risulta fondamentale per capirne l'efficacia tout court. Tale valutazione, per evitare di considerare "trasferimenti di impatti" come "riduzioni di impatti", deve tenere conto di tutti gli impatti che si verificano lungo l'intero ciclo di vita degli interventi stessi. Risulta quindi indicato un approccio del tipo Life Cycle Analysis - LCA. Sono stati descritti gli aspetti metodologici della componente "tecnologica" (legata alla produzione, distribuzione e smaltimento del prodotto); è stata quindi condotta l'analisi "energetica" (legata all'uso del vettore energetico) mediante l'approccio LCA dei vettori energetici utilizzati dai consumatori finali (energia elettrica e calore). Infine è stata valutata la riduzione di costi esterni ambientali (esternalità positive) ottenuto grazie alla riduzione dei consumi. La valutazione degli aspetti ambientali copre uno degli aspetti fondamentali delle valutazioni di sostenibilità, ma non esaurisce la problematica che si compone, come noto, anche di aspetti sociali ed economici. Le tecnologie che le grandi industrie stanno mettendo a punto e proponendo come soluzioni alle sfide di un mondo sempre più "urbanizzato", promettono non solo di portare benefici energetici ed ambientali, ma anche e soprattutto vantaggi in termini di servizi, di economia, di accessibilità alle informazioni, etc.. In quest'ottica risulta importante riuscire a valutare la sostenibilità delle tecnologie "smart" e delle loro possibili sinergie applicate in una smart city con adeguati indicatori di sostenibilità. Si è sviluppata una metodologia ad hoc, denominata **Smartainability®**, per valutare questi aspetti. Tale metodologia è stata applicata al sito di EXPO 2015, individuato come caso studio di smart city. Questo caso studio, condotto in collaborazione con le aziende che hanno realizzato le infrastrutture per la società Expo 2015, ha permesso di utilizzare un greenfield unico in Europa e quindi di legare, senza interferenze legate a vincoli strutturali preesistenti, gli effetti (benefici) delle tecnologie messe in

campo. Gli effetti considerati sono stati i risparmi energetici, le ridotte pressioni ambientali, le maggiori prestazioni in termini di servizi, ottenibili mediante la realizzazione ad esempio la rete energetica smart e la rete di telecomunicazione particolarmente avanzata.

Una seconda linea di attività del progetto ha riguardato lo studio, **ricerca e verifica sperimentale di tecnologie efficienti**.

Per quanto riguarda le tecnologie per la riduzione dei consumi energetici e lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore dei consumi energetici del comparto civile, si è operato su nuovi materiali da impiegare per la realizzazione dei componenti maggiormente critici delle microturbine a gas dei **motori a combustione interna**, per garantire loro una vita operativa maggiore ed un'efficienza più elevata. Infatti le microturbine a gas dei motori a combustione interna di piccola taglia (centinaio di kW), presentano un rendimento elettrico piuttosto modesto che può essere aumentato con un incremento della temperatura operativa. Tra i materiali ceramici potenzialmente applicabili per la realizzazione di questi componenti l'attenzione è stata focalizzata sul nitruro di silicio e su un suo derivato (SiAlON), aumentando progressivamente la temperatura di prova per arrivare a valori prossimi a quelli dell'ipotizzabile applicazione di macchina dei materiali. Sono stati inoltre considerati i materiali impiegabili per i rivestimenti del materiale massivo di base.

Le attività di monitoraggio di impianti basati su **pompa di calore** hanno raccolto dati ed esperienze operative per documentare i vantaggi o gli inconvenienti nell'utilizzo di tali macchine. Le soluzioni tecnologiche efficienti in grado di favorire la penetrazione delle fonti rinnovabili per far fronte ai fabbisogni energetici sono infatti un requisito richiesto dall'attuale normativa nazionale ed europea. In sinergia con questo tema si è utilizzato il software applicativo sviluppato in RSE per l'analisi di campi geotermici associati a pompe di calore a terreno, ed è stato sviluppato un modello semplificato di pompa di calore a compressione acqua/acqua associando la modellistica della pompa di calore e della sorgente geotermica.

Sono state infine considerate tecnologie per l'efficienza energetica nel settore dei servizi, nell'illuminazione pubblica e dell'industria.

Per l'**illuminazione a LED** sono stati approfonditi i fenomeni fisici su cui si basa il funzionamento del LED basato sulle leghe $Al_xGa_{1-x}As$ depositate epitassialmente su substrato di GaAs, per gli aspetti elettrici e l'emissione della luce nella zona attiva. E' stata inoltre effettuata la crescita epitassiale del wafer relativo alle strutture simulate numericamente ed eseguiti i processi di post growth, con lo studio e realizzazione della rugosità superficiale, studio e sperimentazione delle tecnologie di distacco del substrato, litografia, attacchi chimici, deposizione della griglia, taglio e contattatura del chip LED con montaggio finale del LED su un dissipatore metallico. Infine i LED sono stati

caratterizzati ed i risultati confrontati con gli output della simulazione numerica, ottenendo una buona corrispondenza.

Sono stati sviluppati strumenti tecnologici innovativi, basati su biotecnologie energetiche, per la riduzione dei consumi energetici nel settore dei servizi, con particolare riferimento alla depurazione delle acque; in questo settore sono state caratterizzate in campo le prestazioni e le potenzialità di **celle a combustibile microbiche** applicate in vasche di depurazione presso l'impianto di Milano-Nosedo ad acque con diverso tipo di carico inquinante organico (COD); sono stati predisposti inoltre alcuni prototipi dimostrativi ed una cella a combustibile microbica per il trattamento di reflui da impianto di biogas e di altre matrici.

Lo sviluppo di **tecnologie efficienti a membrana per la produzione di gas tecnici**: idrogeno e ossigeno, ha comportato la verifica sperimentale della robustezza del processo produttivo di membrane a barriera ossidativa per la separazione dell'idrogeno. Sono state caratterizzate membrane con diverse tipologie di barriera anti diffusive (ossidative o ceramiche). E' stata sviluppata inoltre una tecnica di deposizione per membrane perovskitiche per la separazione dell'ossigeno e valutati i benefici energetici derivanti dall'integrazione di un sistema di separazione a membrana ad alta temperatura in processi produttivi potenzialmente idonei allo scopo. L'ossigeno è infatti impiegato in processi industriali che spaziano dalla produzione del vetro, all'industria della carta, al trattamento dei rifiuti, alla raffinaria per la rigenerazione dei catalizzatori. Il maggiore utilizzo dell'ossigeno si ha nella produzione di acciaio e nella chimica, spesso con esigenze di purezza elevata. Le membrane per la separazione di ossigeno come le perovskiti sono ossidi conduttori misti in grado di operare a temperature superiori a 800°C, potenzialmente integrabili nei processi di combustione del carbone e del gas naturale in sostituzione di sistemi di separazione criogenici, con un significativo aumento dell'efficienza energetica dei relativi impianti e una diminuzione del costo di produzione dell'energia. I prototipi di membrane a struttura densa sviluppati per la separazione di gas tecnici sono quindi basati su Palladio con barriera ceramica (per la separazione dell'idrogeno), e su membrane sottili - con catalizzatori depositati mediante tecnica EBPVD -Electron Beam Physical Vapor Deposition - (per la separazione dell'ossigeno). Le attività sulle membrane sono correlate ai progetti europei DEMOYS e GREEN CC.

3.1.10 Utilizzo dell'energia elettrica e solare per il condizionamento estivo

Per facilitare lo sviluppo di tecnologie che siano in grado di soddisfare il fabbisogno di climatizzazione secondo principi di efficienza energetica e in grado di favorire la diffusione delle fonti rinnovabili, il progetto ha affrontato due temi, fra loro complementari, realizzando due dimostratori: un prototipo per la climatizzazione degli edifici, e la produzione di acqua calda sanitaria,

mediante un sistema integrato con componenti innovativi (pannelli solari ibridi + pompa di calore); un impianto sperimentale di solar cooling a media temperatura con collettori termici a concentrazione per applicazioni residenziali e del terziario.

Il primo tema parte dalla considerazione che per il raffrescamento estivo possono essere utilizzati moduli fotovoltaici, o **pannelli solari ibridi (ossia che producono acqua calda ed elettricità), abbinati a pompe di calore.** Applicazioni con pannelli solari ibridi sono attualmente poco diffuse, ma si ritiene potrebbero risultare assai promettenti. Esse potrebbero infatti costituire un valido prodotto perché riuniscono interessanti caratteristiche: maggior sfruttamento delle superfici esposte al sole producendo contemporaneamente acqua calda ed elettricità, possibili maggiori rendimenti in termini di elettricità prodotta, poiché il calore sottratto al pannello solare può fare aumentare l'efficienza delle celle fotovoltaiche. Il dimostratore è stato realizzato presso l'area del BIC (Business Innovation Centre) di Terni, che può costituire un polo di attrazione per lo sviluppo di queste tecnologie, che ben si prestano anche alla realtà locale - costituita da un elevato numero di piccole imprese con competenze nei settori termotecnico, dell'automazione dei processi, dell'efficienza energetica e dello sviluppo delle fonti rinnovabili.

L'attività di RSE nell'ambito del **solar cooling**, ovvero il raffrescamento degli ambienti mediante l'impiego dell'energia solare, ha individuato le principali soluzioni impiantistiche grazie ad un'attività di monitoraggio in campo delle prestazioni di impianti di solar cooling a bassa temperatura installati sul territorio italiano. L'analisi dei dati sperimentali ha messo in luce alcuni aspetti critici relativi al funzionamento degli impianti e dell'effettivo conseguimento di un risparmio di energia primaria rispetto ai sistemi tradizionali. L'ottimizzazione dei consumi elettrici ausiliari e la corretta progettazione e gestione d'impianto sono risultati essere un fattore chiave nel determinare le prestazioni del sistema. Si è comunque concluso che la tipologia DEC (Desiccant Evaporative Cooling) è particolarmente interessante. A valle di una simulazione con un modello realizzato in ambiente TRNSYS per il dimensionamento dei principali componenti d'impianto, si è individuata la migliore configurazione impiantistica dal punto di vista del risparmio di energia primaria in funzione della località d'installazione e dell'utenza considerata, che è ubicata in un edificio che ospita laboratori di RSE.

3.1.11 Mobilità elettrica

La mobilità elettrica è un argomento che si presta a letture diversificate, da quella tecnologica delle autovetture, dei sistemi di accumulo e delle tecnologie di ricarica a quella sociologica, legata al cambiamento dello scenario urbano e alla capacità di mutare i modelli comportamentali degli individui in risposta ad esigenze di miglioramento della qualità dell'aria, di diminuzione del

rumore e della nascita di un nuovo ecosistema infrastrutturale. Gli studi e le ricerche svolte da RSE in questi anni hanno tracciato un quadro ragionato dei punti di forza della tecnologia della trazione elettrica e della adeguatezza del nostro sistema elettrico nel supportarla, riassunto nella monografia "E...muoviti! Mobilità elettrica a sistema", RSE, RSEview, 2013). Una delle barriere alla diffusione di tecnologie diverse da quelle tradizionali è spesso l'indisponibilità di una rete di distribuzione adeguata del vettore energetico (es. metano e idrogeno). La mobilità elettrica può contare su una infrastruttura di distribuzione dell'energia elettrica e su tecnologie ben consolidate. Tuttavia per raggiungere una quota significativa bisogna tener presente che la mobilità elettrica deve in primo luogo rispondere a esigenze di trasporto e alle relative regole. Il sistema elettro-energetico italiano per dare supporto a questa nuova forma di mobilità, necessita di valutare come fornire l'energia e la potenza elettrica necessaria alla ricarica dei veicoli elettrici nei luoghi opportuni e dimostrare, in modo trasparente, che l'utilizzo dell'energia elettrica per la mobilità risponda alle aspettative dei cittadini. I temi di principale interesse che sono stati approfonditi: la quantificazione della riduzione dei consumi e delle importazioni di energia primaria; la necessità o meno di adeguare il parco di generazione, possibilmente sfruttando al meglio l'energia prodotta dalle fonti rinnovabili non programmabili; la stima del contributo al miglioramento della qualità dell'aria sia in termini di emissioni che di concentrazioni; la verifica sperimentale dell'affidabilità delle tecnologie di accumulo dell'energia; l'identificazione di vie per riciclare in modo economico e rispettoso dell'ambiente le batterie e i motori caratteristici dei veicoli elettrici, recuperando in particolare gli elementi strategici come le terre rare e i metalli preziosi; la possibilità di ricaricare in modo facile e pratico in ambito privato, domestico e nei luoghi ad accesso pubblico (ivi incluse le stazioni di servizio); la garanzia dell'adeguatezza delle reti di distribuzione dell'energia; la verifica dell'efficienza e delle prestazioni delle auto equipaggiate con i sistemi di generazione tipo "Range Extender" utili per estendere l'autonomia.

E' stato condotto lo studio **dell'impatto di veicoli elettrici sulla rete di distribuzione** per valutare la hosting capacity della rete a fronte di scenari di evoluzione della mobilità elettrica. Utilizzando l'applicativo "MA.RE" per i MArgini di REte, si sono considerate specialmente la ricarica domestica di auto elettriche presso utenze private in presenza di sistemi di generazione, accumulo e gestione dell'energia.

In **campo normativo**, si è contribuito alla stesura del Piano Nazionale per le Infrastrutture di Ricarica Elettrica (PNIRE), alle valutazioni sul Piano Energetico Ambientale Regione Lombardia (PEAR) e fornito supporto ad AEEGSI per la valutazione dell'avanzamento dei progetti pilota. E' stata stilata una guida ad uso delle istituzioni sulla predisposizione di una infrastruttura di ricarica veloce in Italia.

Si è realizzato un banco di simulazione per studiare l'interazione e l'interoperabilità dei sistemi di ricarica (dispositivi di ricarica + veicolo) con le smart grid, ed eseguite le prove relative con particolare riferimento alla caratterizzazione di motore - alternatore e lo studio di algoritmi di controllo innovativi.

E' stata definita una metodologia di riferimento sostenibile e innovativa per il recupero di materiali strategici da Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) e da End of Life (EoL) Equipments e valutati gli aspetti ambientali ed economici degli attuali processi e delle metodologie per il recupero di materiali strategici, quali: elementi delle terre rare e metalli di base, presenti in dispositivi a fine vita come le batterie al nichel metal idruro e agli ioni litio. A questo proposito è stata redatta una procedura di laboratorio e messo a punto il sistema analitico di controllo quantitativo e qualitativo di estrazione di sali del Nd di elevata purezza, approfondendo il metodo che porta al recupero di NdF_3 e valutando la ripetibilità, il rendimento, la purezza del processo di estrazione.

Si sono valutati gli effetti di progetti di mobilità elettrica sulla qualità dell'aria in condizioni urbane ipotizzando uno scenario di mobilità e calcolando la variazione dello scenario emissivo. Gli effetti di tale scenario sulla qualità dell'aria sono stati studiati con l'ausilio del sistema modellistico WRF-SMOKE-CAMx integrato dal modello di scala urbana AUSTAL.

Le attività sulla mobilità elettrica sono correlate a quattro progetti europei del 7° Programma Quadro. Il progetto Green eMotion ha promosso la diffusione su larga scala della mobilità elettrica in Europa sulla base di una regolamentazione comune tra i Paesi, della standardizzazione di adeguate soluzioni tecnologiche e di un modello economico sostenibile. Il progetto INTRASME ha avuto ricadute sulle aziende piccole e medie italiane. Il progetto COTEVOS contribuisce alla definizione dei requisiti comuni necessari ai laboratori di prova nell'esecuzione di test di conformità, interoperabilità e performance dei veicoli elettrici, con importanti ricadute sui processi di test dell'impatto dei veicoli sulla rete elettrica. Infine il progetto FREE-MOBY intende promuovere tecnologie di ricarica intelligente per auto elettriche innovative e avrà ricadute sullo studio dei sistemi di gestione dell'energia domestica, ma anche sugli studi di generazione rinnovabile fotovoltaica a bordo auto e sullo sviluppo e test di particolari moduli di batterie veicolari.

3.2 ENEA⁴

3.2.1 Sistemi avanzati di accumulo di energia

Il progetto è finalizzato allo sviluppo, realizzazione e verifica sperimentale di sistemi di accumulo di energia per applicazioni alle reti elettriche, con crescenti quote di fonti rinnovabili.

ATTIVITÀ 2012

Ricerca su materiali e processi per la realizzazione e prova di celle al litio con prestazioni migliorate

Sono state eseguite attività di ricerca fondamentale su nuovi materiali anodici e catodici, e relativi processi di preparazione, per batterie a litio, con l'introduzione di attività su materiali di nuovissima generazione (materiali anodici a base di grafene e di metalli, quali stagno, zolfo, ecc., e materiali catodici costituiti da fosfati di vari ossidi metallici) e su nuovi elettroliti. L'attività era orientata ad individuare soluzioni promettenti, in termini di costi e prestazioni, per le applicazioni stazionarie di grossa taglia con una crescente attenzione alle specifiche necessità della rete elettrica nazionale, dividendo in questa fase tra prototipi ad alta energia o ad alta potenza. Le attività di ricerca ed ottimizzazione sui materiali hanno portato alla selezione di materiali e processi, completamente caratterizzati da un punto di vista chimico, elettrochimico e strutturale, ed alla realizzazione di film sottili in scala da laboratorio e di celle di prova, che hanno consentito di verificare le prestazioni dei campioni prodotti secondo procedure di prova, concordate e sviluppate nel gruppo di coordinamento CNR-ENEA-RSE.

Realizzazione e prova di tecnologie di controllo ed interfaccia del sistema di accumulo in batterie al litio con la rete e con utenze particolari

Per quanto riguarda le attività relative all'interfaccia dei sistemi di accumulo verso le reti elettriche, sono stati progettati e realizzati due diversi dispositivi di controllo ed interfaccia del sistema di accumulo con la rete, di taglia compresa tra 10 e 20 kW. Questi sistemi sono stati provati in diverse condizioni di utilizzo, simulate e reali. Un dispositivo è stato positivamente collaudato e provato per verificarne la piena funzionalità e poi utilizzarlo in un impianto dimostrativo con una batteria al litio appositamente dimensionata. Il secondo è stato reso disponibile per un'applicazione smart grid nel Centro ENEA della Casaccia ed è stato oggetto di sperimentazione nel quadro di un diverso progetto di ricerca nel corso del 2013.

Verifiche sperimentali sull'interazione accumulo-reti

Sono stati individuati i profili di prova caratteristici per la valutazione della "second life" delle batterie al litio, cioè, per un possibile riutilizzo di batterie

⁴ Testo a cura di ENEA.

considerate esaurite nei veicoli elettrici ed in grado di garantire una possibile estensione della vita operativa in applicazioni stazionarie, dove i requisiti prestazionali sono meno stringenti. Alcune celle usate, recuperate da alcuni produttori e utilizzatori di veicoli elettrici, sono state sottoposte a prove di laboratorio e hanno confermato le potenzialità e le opportunità pratiche ed economiche collegate a questa particolare estensione della vita delle batterie.

È stata realizzata la dimostrazione della cosiddetta "casa attiva". Sono state svolte attività finalizzate a verificare le prestazioni ed i vantaggi energetici ed economici di un sistema integrato di accumulo adatto a fornire servizi di potenza alla rete e di energia all'utenza in una logica "smart user". L'attività è consistita nella realizzazione e sperimentazione di un sistema con accumulatori al litio per l'alimentazione di un'utenza domestica ubicata presso l'Università di Pisa. Le prove condotte hanno evidenziato i possibili utilizzi ed i vantaggi collegati all'integrazione delle fonti rinnovabili con sistemi di accumulo (sia elettrici che termici). Infine è stato effettuato uno studio per valutare, in una visione sistemistica, le possibilità offerte dall'utilizzo di sistemi di accumulo non elettrochimico di piccola taglia (dalle decine di kWh al MWh) distribuiti, quali ad esempio, i piccoli impianti di pompaggio, mini CAES, ecc., da utilizzare nella rete elettrica italiana per rendere programmabile lo scambio con la rete della produzione da fonte rinnovabile.

ATTIVITÀ 2013

Progettazione, realizzazione e caratterizzazione di celle al litio con materiali innovativi

Sono proseguite le attività di ricerca e di analisi delle potenzialità applicative e dei vantaggi prevedibili dei sistemi di accumulo elettrochimico a base di litio, con l'obiettivo di ottenere materiali ed celle con ridotti costi specifici (per unità di energia e di potenza) e più lunga vita operativa, e quindi sempre più rispondenti alle esigenze delle applicazioni nelle reti elettriche. L'attività ha riguardato la realizzazione e la caratterizzazione di celle complete litio-ione, opportunamente progettate in scala da laboratorio e in taglia significativa (circa un centinaio di mAh) per la verifica delle prestazioni, in condizioni operative prossime a quelle d'uso, di nuovi materiali anodici e catodici. In parallelo, è proseguita l'attività di ricerca su materiali innovativi, a base di silicio, titanio, grafene, manganese in grado di migliorare le prestazioni e, soprattutto, di ridurre i costi di acquisto e operativi delle batterie al litio, senza peraltro dimenticare gli aspetti ambientali e di sicurezza nella scelta dei materiali e nelle condizioni operative. Per gli aspetti di sicurezza è stata svolta un'analisi dei possibili composti chimici, detti "redox shuttle" in grado di garantire una protezione attiva delle batterie al litio indipendentemente dal sistema di gestione e controllo (BMS, Battery Management System).

Sperimentazione e caratterizzazione di moduli e sistemi al litio

Le attività sono state incentrate sulla verifica delle modalità di adattamento tecnologico e funzionale delle batterie al litio alle applicazioni nelle reti elettriche, tenendo conto dello stato della tecnologia, degli aspetti economici (costi attuali) e di sicurezza che ancora ne limitano l'uso diffuso in vari punti della rete elettrica. Sono state, inoltre, completate le attività di studio e sperimentazione sulle logiche di gestione e interfaccia dei sistemi di accumulo in rete con impianti a fonti rinnovabili. È proseguita l'attività di studio, anche sperimentale, di applicazione dell'accumulo in ambito residenziale e a servizio di reti elettriche specifiche (tranvia leggera di Bergamo) e di soluzioni per la riduzione dei costi di questi sistemi, mediante un recupero operativo da altri settori, come nel caso della "seconda vita applicativa nelle reti" delle batterie usate nei veicoli elettrici.

Studio e sviluppo di metodi di accumulo alternativi a quelli al litio-ione

In quest'ambito erano previste attività di studio su sistemi di accumulo alternativi sia di tipo elettrochimico che basati sull'idrogeno. Sono state condotte attività di ricerca, in via esplorativa, su sistemi metallo-aria e su sistemi redox a flusso. Le attività hanno riguardato una prima valutazione dei materiali e dei sistemi più innovativi, con particolare attenzione alla membrana delle celle redox e all'elettrodo gassoso, e dei metalli più promettenti per le celle metallo-aria. Riguardo all'uso dell'idrogeno come accumulo chimico, è stata eseguita un'analisi di fattibilità comparativa di diversi metodi di accumulo dell'energia elettrica utilizzando l'idrogeno, in alternativa e per confronto con le batterie (per esempio redox a flusso), al fine di valutarne la convenienza sia tecnica che economica. Le batterie redox a flusso sono risultate quelle con migliori potenzialità e maggiori prospettive applicative e di industrializzazione nel breve e medio termine, particolarmente per la rete elettrica nazionale.

Studio di sistemi di accumulo avanzati basati su magneti superconduttori

Le attività sui sistemi di accumulo in magneti superconduttori (SMES) sono state rivolte nell'individuazione del materiale superconduttore più adatto, in termini prestazionali ed economici, ad essere utilizzato nella realizzazione di un eventuale prototipo dimostrativo. I due materiali superconduttori più promettenti (YBCO e MgB₂) sono stati caratterizzati in termini di proprietà di trasporto alle basse temperature, per selezionare il materiale più adatto. È stata quindi realizzata una progettazione di massima di un prototipo dimostrativo da 1MJ.

Studio ed analisi del recupero di materiali da batterie a fine vita

È stata avviata in maniera sistematica un'attività di studio e ricerca sui problemi di riciclo e smaltimento delle batterie al litio-ione, concentrandosi sulle problematiche di riciclo e recupero dei materiali, attivi e non, a fine della vita delle batterie, in un'ottica di "soft-(green) chemistry". È stata seguita una

via chimica di recupero completo con la caratterizzazione dei vari materiali. Incoraggianti risultati preliminari sono stati raggiunti sull'operazione di separazione, critica per tutti i tipi di processi di recupero, utilizzando un solvente appositamente progettato per il processo di separazione chimica (solvatazione) dei materiali attivi dai supporti solidi.

ATTIVITÀ 2014

Progettazione, realizzazione e caratterizzazione di celle al litio con materiali innovativi

I materiali anodici (ossidi di titanio o di silicio) e catodici (litio ferro fosfato e fosfati di manganese) studiati nella precedente annualità sono stati ottimizzati in termini di composizione e funzionalità operativa. Le attività sono state condotte da ENEA in collaborazione con le Università di Bologna (materiali catodici) e Camerino (materiali anodici). Il materiale catodico a base di litio manganese fosfato contenente basse percentuali di V_2O_3 caratterizzato da un'ottima stabilità alla ciclazione e risposta alle correnti elevate è stato ottimizzato e confrontato con prodotti commerciali realizzati con altre leghe; è stata notevolmente migliorata la stabilità degli elettrodi compositi Sn/grafene e Si/grafene, in maniera da ottimizzarne la vita ciclica, confrontando vari processi di preparazione. Tutti materiali e i componenti elettrodici prodotti sono stati caratterizzati in laboratorio con analisi chimiche, fisiche ed elettrochimiche. Inoltre con i materiali più interessanti sono stati costruiti elettrodi, poi caratterizzati in celle da laboratorio (celle a tre elettrodi e celle bottone). L'ENEA si è, inoltre, concentrata sulla soluzione dei problemi di produzione e funzionalità dei materiali elettrodici e alla ridefinizione del progetto di cella arrivando alla realizzazione di sei celle di taglia significativa (fino a circa 150 mAh) di due diverse tipologie (celle ad alta energia e ad alta potenza).

Ricerca e sviluppo di batterie redox a flusso

L'interesse nelle batterie redox a flusso è notevolmente aumentato negli ultimi anni specialmente per quanto riguarda l'uso in applicazioni stazionarie. L'unica batteria a flusso che ha raggiunto lo stadio di commercializzazione è la batteria Vanadio/Vanadio che utilizza le coppie V^{5+}/V^{4+} (catodo) e V^{3+}/V^{2+} (anodo) in soluzioni concentrate di acido solforico con un potenziale di cella di circa 1,24 V. Il principale problema di questo tipo di celle è quello relativo alla concentrazione dei materiali attivi ed il fatto che si opera in soluzioni acquose. L'energia specifica della cella è limitata dalle concentrazioni dei materiali attivi che, per problemi di solubilità è attualmente nell'intorno di 1,5-2 M. Il potenziale massimo, sia per la Vanadio/Vanadio, che per altre coppie redox proposte, è limitato entro l'intervallo di stabilità elettrochimica dell'acqua. Altro problema è il costo e la selettività delle membrane. Per approfondire e superare questi problemi si è provveduto a preparare e caratterizzare elettrodi per sistemi redox al vanadio ed a realizzare un sistema completo con il quale

sono state condotte delle prove preliminari per valutare l'efficienza energetica e faradica.

Analisi sperimentali, di identificazione di cicli rappresentativi e di sicurezza di sistemi di accumulo elettrochimico

L'impiego nelle reti elettriche dei sistemi di accumulo elettrochimico richiede una continua ed attenta analisi delle effettive modalità operative per ottimizzarne l'uso, le dimensioni ed il costo, non secondaria è l'analisi degli eventuali aspetti di sicurezza durante le fasi di acquisizione, trasporto, ed utilizzo di tali sistemi. Per proseguire l'acquisizione di dati di effettiva funzionalità e di cicli di funzionamento di sistemi di accumulo commerciali, è stata effettuato lo studio e la progettazione preliminare per l'introduzione di un sistema di accumulo stazionario a supporto di in una metropolitana di superficie; lo studio ha riguardato nello specifico la tranvia elettrica in funzione nella città di Bergamo. L'attività ha permesso di definire sperimentalmente i micro-cicli di funzionamento (individuati mediante modello nell'annualità precedente) per poter poi essere in grado di valutare sperimentalmente, con prove di laboratorio su celle commerciali i profili di potenza ed energia richiesti alla rete elettrica di alimentazione della tranvia ed individuare un punto soggetto a notevoli variazioni di potenza, dovute alle fasi di accelerazione e di frenatura dei mezzi, dove maggiore è ritenuto il vantaggio ottenibile dall'introduzione di un accumulo, sostenendone anche la scelta ed il dimensionamento. Sono state completamente strumentate tre sottostazioni di riferimento e sono stati estrapolati gli andamenti energetici anche per le altre sottostazioni della rete in modo da poter validare il modello realizzato in precedenza. Sulla base delle informazioni acquisite è stata sviluppata una procedura di costruzione del ciclo di test per sistemi di accumulo con validità del tutto generale; il ciclo di test ottenuto è stato impiegato per eseguire prove su batterie al litio da 40Ah. Nel corso del 2013 sono state, inoltre, eseguite prove su celle al litio parzialmente usate per la valutazione sperimentale della "second life" e del comportamento termico. Sono state eseguite diverse sequenze di prove di carica-scarica, sulla base dei profili caratteristici di alcune applicazioni tipiche per le reti elettriche, che hanno evidenziato un rapido degrado delle celle in prova. Sono state pertanto sviluppate due tipologie di profili di prova (pro e soft) per usi di alta energia e di alta potenza che hanno consentito di eseguire numerosi cicli senza un rapido degrado delle celle. La caratterizzazione termica delle singole celle, realizzata mediante termografie durante prove di carica e scarica, ha evidenziato una limitata variazione della temperatura, con ridotta necessità di condizionamento termico. È infine stata estesa l'attività relativa analisi della sicurezza nelle varie condizioni di produzione ed uso di batterie diverse da quelle al litio, quali le batterie ad alta temperatura.

Recupero di materiali da batterie al litio a fine vita

Il riciclo delle batterie litio-ione è un processo complesso costituito da diverse fasi che vanno dall'apertura in sicurezza delle batterie, alla separazione dei diversi componenti, e al recupero dei materiali, in cui sono da valutare e gestire rischi chimici differenti, quali la presenza di metalli a potenziale attività cancerogena, di vapori tossici e di litio metallico anche in forma libera, che può essere causa di incendi ed esplosioni se non adeguatamente gestito. L'attività di ricerca svolta ha avuto l'obiettivo di progettare e sviluppare due processi alternativi (chimico-fisico ed idrometallurgico) di separazione e recupero ecosostenibile dei materiali attivi (catodo e anodo) ottenuti da batterie esauste, anche mediante lo sviluppo di soluzioni innovative, studiate preliminarmente nell'anno precedente. La separazione dei materiali attivi dai relativi supporti metallici e/o plastici è effettuata mediante progettazione di miscele di solventi organici studiate ad hoc per le diverse tipologie di materiali attivi, e mediante utilizzo di processi fisici, o tramite un processo chimico di solvatazione; tutti processi ecosostenibili. La separazione è una fase critica del processo di riciclo: da essa può dipendere la quantità, la purezza e la struttura del materiale recuperato. Altra criticità è rappresentata dallo sviluppo di processi eco-innovativi per il recupero selettivo di metalli ad elevato valore aggiunto. Dagli studi effettuati è risultato che l'idrometallurgia rappresenta una soluzione tecnologica a basso impatto ambientale per il recupero di metalli ad elevati livelli di purezza.

Nel corso del triennio 2012-2014 è proseguita la partecipazione alle attività dell'International Energy Agency (IEA) su "Energy Conservation through Energy Storage" e "Hydrogen". Si è intensificata la partecipazione all'alleanza europea EERA, contribuendo ai temi "Energy Storage" e a quello sulle "Smart Grid". ENEA ha inoltre partecipato alle collaborazioni scientifiche e tecnologiche sull'accumulo, promosse dal circuito COST (Cooperazione Scientifica e Tecnologica a livello europeo) con l'azione MP1004 "Hybrid-ES - Hybrid Energy Storage Devices and Systems for Mobile and Stationary Applications".

3.2.2 Studi sulla produzione elettrica locale da biomasse e scarti

Il progetto è finalizzato allo sviluppo e l'ottimizzazione di sistemi di conversione energetica di biomasse di diversa natura mediante la produzione di biogas o syngas da utilizzare per la co-generazione di elettricità e calore in impianti decentralizzati di piccola-media taglia o per l'immissione come biometano nella rete nazionale di distribuzione del gas.

ATTIVITÀ 2012

Ottimizzazione del processo di digestione anaerobica

Sono state svolte attività di ricerca finalizzate ad ottimizzare i processi di produzione di biogas per ottenere miscele arricchite in idrogeno a partire da

substrati liquidi quali liquame, scotta e glicerolo, con l'utilizzo di specifici inoculi microbici, caratterizzati con tecniche di sequenziamento e costruzione di librerie genetiche. E' stato messo a punto su scala laboratorio un sistema di pretrattamento biologico di substrati ad elevato contenuto di cellulosa e lignina (segatura e trucioli di legno), basato sull'impiego di funghi lignino-cellulolitici opportunamente selezionati, al fine di ottenere un substrato idoneo alla successiva fermentazione anaerobica per la produzione di biogas. Campioni di biomassa trattata con ceppi fungini sono stati sottoposti a test di fermentazione con un inoculo di microrganismi idrogeno-produttori e, in una seconda fase, a test di produzione di metano allo scopo di verificare la fattibilità di un processo totalmente biologico a più stadi. I risultati delle diverse ricerche saranno oggetto di verifica sperimentale a livello di impianto pilota utilizzando il digestore modulare mobile da 6 m³ (DMM6000®) realizzato nell'ambito del progetto.

Ottimizzazione di processi chimico-fisici di abbattimento degli inquinanti e di upgrading del biogas a biometano

Sono stati effettuati studi e le attività sperimentali sul clean up con la messa a punto di nuovi materiali sia per i processi di assorbimento che per quelli di conversione chimica con catalizzatori strutturati, e di sistemi biologici di abbattimento dell'idrogeno solforato nel biogas tramite il processo di fotosintesi anossigenica operato da solfobatteri. Sono state, inoltre, affrontate le problematiche aperte per la separazione della CO₂, approfondendo lo studio sui sistemi di separazione della CO₂ basati sull'impiego di membrane, sia polimeriche che ceramiche in modo da disporre di dati sperimentali che consentano di effettuare un'analisi costi benefici delle possibili soluzioni, individuando anche i margini di miglioramento delle stesse. A tal fine è stato realizzato e gestito un impianto sperimentale per prova e caratterizzazione di membrane polimeriche commerciali e/o sviluppate ad hoc. Infine, è stata avviata una specifica linea sul trattamento dei fumi di combustione delle biomasse lignocellulosiche al fine di migliorare l'impatto ambientale della loro valorizzazione energetica in impianti termici e/o cogenerativi di piccola-media taglia, con particolare riferimento alle emissioni di particolato, idrocarburi policiclici aromatici e composti organici volatili. Nel corso del 2012 è stata realizzata una linea sperimentale, costituita da una caldaia da 20 kW alimentata con pellet di legno, da una linea di derivazione e prelievo dei suddetti fumi, equipaggiata con un apposito dispositivo riscaldato per l'inserimento dei supporti ceramici per le prove preliminari di termofluidodinamica, e dalla strumentazione analitica necessaria per la caratterizzazione dei fumi a monte e a valle del suddetto dispositivo.

Processi di gassificazione innovativi

Sviluppo di processi ad elevata efficienza per la valorizzazione energetica di biomasse mediante gassificazione con acqua in condizioni supercritiche

È stato testato un dispositivo sperimentale di scala laboratorio, per lo sviluppo di processi idrotermici per il pretrattamento di biomasse ad elevato contenuto acquoso. Parallelamente, è stato effettuato uno studio rivolto alla ricerca della migliore soluzione operativa per la produzione di catalizzatori bimetallici (cobalto/molibdeno e nichel/molibdeno su supporto di allumina) per la gassificazione di biomasse con acqua in condizioni supercritiche. Si è inoltre utilizzato un modello matematico sviluppato nel corso della precedente annualità dell'AdP, che prevedeva l'analisi di equilibrio delle reazioni di conversione del glucosio in condizioni supercritiche, implementandolo al fine di valutare gli effetti della conduzione del processo di gassificazione in condizioni supercritiche di due tipi di biomasse significative come i gusci di mandorle e i fanghi provenienti da impianti di depurazione.

Produzione di gas naturale sintetico mediante processo di gassificazione di biomasse con tecnologia a doppio letto fluido ricircolante

Sono state condotte attività finalizzate ad investigare le potenzialità della produzione di gas naturale sintetico (SNG) da biomasse tramite processi termochimici di gassificazione che hanno permesso di individuare le condizioni ottimali di esercizio per incrementare la concentrazione del metano nel syngas ed il successivo upgrading a SNG.

Analisi di sistemi di generazione/cogenerazione basati su biomasse

È stata perfezionata la piattaforma web A.I.D.A. (Advanced and Innovative tool for Developing feasibility Analysis of biomass plants) il cui fine è valutare la prefattibilità tecnico-economica di impianti di digestione anaerobica e di gassificazione. AIDA offre un supporto nel valutare, per diverse tipologie di utenti, il predimensionamento di un impianto per la produzione di biogas o syngas e le sue prestazioni energetiche ed economiche in relazione agli incentivi in essere. È stato completato il database di riferimento, ampliando e collaudando tutte le funzionalità implementate, aggiornandola alle recenti modifiche legislative sugli incentivi per la produzione di elettricità da biomasse.

ATTIVITÀ 2013

Sviluppo dei sistemi di produzione di biocombustibili

Le attività svolte nell'ambito di questa linea hanno riguardato:

- la sperimentazione sull'impianto pilota DMM6000®, realizzato nella precedente annualità, di processi di codigestione anaerobica di differenti miscele di matrici organiche, incluse alcune tipologie di rifiuti e biomasse prodotte da colture dedicate (topinambur), al fine di valutare l'incremento della velocità e dell'efficienza di trasformazione di diversi substrati;
- lo sviluppo di processi innovativi per la produzione di biogas a più elevato contenuto in metano e/o miscele di metano e idrogeno in reattori da

laboratorio, mediante l'ottimizzazione delle condizioni di reazione sia della fase idrolitica/acidogenesi che della metanogenesi e/o produzione di idrogeno;

- la valutazione dell'effetto di pretrattamenti chimico-fisici o biologici di substrati con elevato contenuto di materiale lignocellulosico sulla successiva fase di degradazione microbica per la produzione di biogas;
- studio e valutazione comparativa di diverse tipologie di microalghe e loro produzione in sistemi di piccola taglia, utilizzando come nutrienti la frazione liquida del digestato, a diversi livelli di diluizione;
- la progettazione e la realizzazione di un sistema per prove sperimentali di gassificazione in condizioni supercritiche di biomasse ad elevato tenore di umidità in grado di operare fino a pressioni di 350 atm e temperature di 550 °C.
- lo sviluppo, la verifica, il potenziamento di funzionalità della piattaforma Web A.I.D.A..

Sviluppo di sistemi di clean-up e upgrading dei biocombustibili e di riduzione dell'impatto ambientale

Ottimizzazione dei parametri di funzionamento del reattore di desolfonazione

Sono stati individuati i parametri di funzionamento ottimali di un reattore catalitico di abbattimento dell'acido solfidrico presente nel biogas, con la sperimentazione e la caratterizzazione di un supporto strutturato a base di cordierite su cui è stato depositato con due metodi differenti un catalizzatore con carichi diversi di V_2O_5 . Il manufatto è caratterizzato da una struttura a nido d'ape in configurazione "through-flow", con 225 canali e uno spessore medio di washcoat pari a 130 micrometri.

Verifica del processo per l'abbattimento dell' H_2S mediante la fotosintesi anossigenica

E' stato analizzato l'abbattimento di H_2S presente nel biogas mediante un processo di fotosintesi anossigenica operato dal solfobatterio *Chlorobium limicola*, realizzato in un apposito fotobioreattore. Il processo già dopo 24 ore consente di ottenere una significativa riduzione del contenuto di H_2S , con un abbattimento totale nell'arco di tempo di 48 ore.

Verifica di sistemi di separazione della CO_2 per l'upgrading del biogas a biometano mediante membrane polimeriche commerciali

L'attività sperimentale è stata svolta utilizzando l'impianto di upgrading del biogas che utilizza tecnologia a membrana, realizzato nell'ambito dell'AdP e installato presso il Centro Ricerche ENEA della Trisaia, è stata valutata in particolare l'efficienza di tale tecnologia in presenza di inquinanti tipici di un biogas proveniente da digestori anaerobici alimentati da scarti animali, reflui zootecnici e FORSU. Nello specifico, in continuazione e implementazione del

lavoro della scorsa annualità, consistente in test sperimentali con miscele binarie CH_4/CO_2 nel range di composizione tipica, sono state svolte prove atte a valutare le prestazioni della membrana in caso di presenza di H_2S . Anche in presenza di inquinanti come l' H_2S , il processo separativo con membrana PEEK ha mostrato, nonostante i limiti imposti dal processo a singolo stadio, buoni valori di purezza e recupero in metano.

Studio e sperimentazione di laboratorio di nuovi sistemi per la rimozione selettiva della CO_2

Sono state individuate opportune formulazioni di miscele di ammine in solventi organici per la rimozione della CO_2 dal biogas, con un'efficienza di assorbimento della CO_2 fino a valori del 91-96%, operando in condizioni di temperature e pressioni moderate in modo da minimizzare i consumi energetici e la degradazione termica delle ammine. È stata, inoltre, effettuata la verifica della separazione della CO_2 da metano mediante la formazione/ dissociazione di idrati, con la sperimentazione in un apposito dispositivo adeguatamente strumentato in modo da seguire l'andamento del processo in condizioni di "pressure drop" durante la formazione, e di determinare la composizione del gas che si libera durante la dissociazione. Le prove effettuate hanno evidenziato la possibilità di ottenere l'upgrading del biogas a biometano mediante due soli stadi di separazione arrivando ad ottenere una miscela finale di CH_4/CO_2 pari a 92/8, partendo da una composizione iniziale di 60/40.

Sperimentazione su impianto pilota di gassificazione di un dispositivo per la separazione della CO_2 dal syngas mediante adsorbimento con sorbenti innovativi

L'attività ha riguardato l'ottimizzazione del processo di upgrading e conversione del syngas prodotto dalla gassificazione di biomasse lignocellulosiche, con un dispositivo per la rimozione della CO_2 mediante adsorbimento con sorbenti solidi commerciali e l'impiego di catalizzatori su supporti in materiale ceramico per l'upgrading del syngas attraverso *water gas shift* con la definizione dei parametri operativi del processo di produzione di metano di sintesi sull'impianto pilota di metanazione BIOSNG presente presso il centro ENEA Trisaia.

Sperimentazione dei prototipi da laboratorio di sistemi di filtrazione ceramici attivati per la rimozione del particolato fine presente nelle emissioni gassose prodotte dalla combustione di biomassa solida

L'attività riguarda la rimozione del particolato fine ($<10\mu\text{m}$) presente nelle emissioni gassose prodotte dalla combustione di biomassa solida, con lo sviluppo, realizzazione e verifica di funzionalità dei prototipi da laboratorio di sistemi di filtrazione ceramici attivati su una colonna di derivazione dei fumi prodotti da un impianto di combustione a biomassa legnosa. La sperimentazione ha dimostrato che la tecnologia wall-flow può essere applicata efficacemente anche

per la pulizia dei fumi della combustione della biomassa solida, in cui il particolato è essenzialmente formato da particelle inferiori a $1 \mu\text{m}$.

Sviluppo di sistemi di produzione dell'energia elettrica

L'attività di ricerca in quest'ambito è finalizzata ad individuare e caratterizzare possibili miscele di sali utilizzabili in caldaie a sali fusi ad alta temperatura ($> 450 \text{ }^\circ\text{C}$) e con una temperatura di fusione più bassa rispetto alle miscele attualmente usate nei sistemi a concentrazione solare, in modo da poter ragionevolmente mantenere un'adeguata efficienza termica della caldaia. In una prima fase la ricerca svolta ha riguardato lo studio e la caratterizzazione termo-fluidodinamica di miscele di sali fusi utilizzabili come vettore termico e la definizione dei parametri progettuali per il dimensionamento di caldaie alimentate con biomassa lignocellulosica. Questa attività ha portato a concludere che oltre al "solar salt", che è un fluido termico di impiego ben consolidato, altre due miscele possono essere oggetto di sperimentazione come possibili fluidi termovettori per caldaie a biomasse:

- La miscela ternaria Na-K-Ca, che presenta un costo sensibilmente inferiore rispetto a quella contenente nitrato di litio, pur con un punto di inizio congelamento paragonabile. Il suo utilizzo potrebbe rappresentare una valida alternativa in termini di riduzioni di costi di investimento e disponibilità dei componenti, ma è necessario verificare gli aspetti legati alla stabilità termica con prove sperimentali di lunga durata.
- La miscela contenente nitrato di litio ($\text{NaNO}_3 / \text{KNO}_3 / \text{LiNO}_3$ nella percentuale in peso di 18 / 52 / 30) che è, come detto, sicuramente più costosa, ma limitandone l'uso come fluido di trasporto termico, le quantità di utilizzo potrebbero non incidere in maniera significativa sul costo totale di un impianto. Un'adeguata analisi sarà necessaria su questi aspetti tecnico-economici, in maniera da verificare la possibilità di utilizzo di un materiale che riguardo al range di temperatura permesso (da poco sopra i $120 \text{ }^\circ\text{C}$ ad almeno $550 \text{ }^\circ\text{C}$) rappresenterebbe la migliore scelta.

Studiando la caldaia, gli aspetti presi in considerazione sono quelli termodinamici, fluidodinamici, termofisici e reologici introdotti dall'impiego dei sali fusi come fluido termico. Sono state individuate le sezioni sottoposte a maggiore sollecitazione e sono state valutate le temperature delle superfici metalliche più a rischio soggette ai fenomeni di ossidazione-erosione a caldo. È stato effettuato anche uno studio sulla definizione e l'analisi dei cicli termodinamici di fluidi in grado di operare a temperature superiori a quelle attualmente in uso, al fine di avere sistemi energetici con migliori prestazioni che utilizzino le soluzioni individuate. L'analisi svolta ha evidenziato i significativi vantaggi ottenibili operando a temperature più elevate rispetto ai valori usuali. Infine è stato implementato in ambiente Matlab® un modello a parametri concentrati per il calcolo dei bilanci di massa e di energia e delle

principali variabili operative di un generatore di calore alimentato a biomassa solida. Il modello è stato utilizzato per l'analisi ed il confronto tra diversi casi studio di un impianto cogenerativo costituito da una caldaia a sali fusi alimentata a biomassa legnosa abbinata ad un'unità cogenerativa a ciclo Rankine in diverse condizioni di funzionamento e ha permesso di effettuare delle valutazioni preliminari in merito ai principali parametri energetici del sistema e alla loro influenza sul rendimento di produzione termica.

ATTIVITÀ 2014

Sviluppo dei processi di produzione dei biocombustibili

Processi innovativi per la produzione di biogas a più elevato contenuto in metano e/o miscele di metano e idrogeno

Le attività riguardano processi di digestione anaerobica alimentati con mix di biomasse a maggior contenuto lignocellulosico e/o colture algali, anche per incrementarne la produzione in idrogeno e metano. Oggetto di ricerca è stato un processo di DA a doppio stadio, che prevede l'impiego di un impianto pilota di scala laboratorio, realizzato e messo a punto nel corso delle precedenti annualità della RdS, costituito da un reattore biologico separato in cui avviene la degradazione (idrolisi ed acidogenesi) dei materiali organici di qualsiasi provenienza, e di un secondo reattore di metanogenesi per la produzione di biogas.

Sistemi per la produzione di microalghe da inserire a valle del processo di DA

Obiettivo di questa linea di attività era quello di valutare la fattibilità tecnico-economica dell'utilizzo di biomassa fitoplanctonica per alimentare un impianto di digestione anaerobica, con la coltivazione di microalghe in connessione a impianti di biogas, sfruttando le capacità fertilizzanti del "digestato liquido" e utilizzando la biomassa così prodotta per ottenere nuovo biogas, con una operatività su una più larga scala rispetto a quanto svolto nella precedente annualità, focalizzandosi sulla produzione algale in vasche del volume di circa 1.500 litri, protette da una serra. Il sistema di coltivazione ha dimostrato buone potenzialità produttive pur con i limiti della prima serie.

Gassificazione con acqua in condizioni supercritiche (SCW) di biomasse ad elevato contenuto idrico

Sono state svolte ulteriori attività riguardanti le prestazioni e l'affidabilità dei processi di gassificazione di biomasse ad elevato tenore di umidità per la produzione di syngas da impiegare in sistemi cogenerativi ad alta efficienza e limitato impatto ambientale. L'obiettivo era l'ottimizzazione del processo di gassificazione con acqua in condizioni supercritiche di biomasse ad elevato contenuto idrico per la produzione di un syngas con caratteristiche chimico-fisiche tali da renderlo idoneo per applicazioni energetiche. Il lavoro svolto ha riguardato la modellazione termodinamica, il cui scopo è la valutazione delle

caratteristiche del gas ottenuto, il confronto delle prestazioni del processo di gassificazione in SCW di differenti biomasse di interesse e la valutazione energetica del processo, nonché l'analisi sperimentale su un impianto *bench scale* al variare delle principali condizioni operative in modo da verificare le prestazioni del processo sulle differenti matrici.

Sviluppo di sistemi di upgrading di biocombustibili e riduzione dell'impatto ambientale

Processi chimico-fisici per l'abbattimento dell'acido solfidrico presente nel biogas

In questa linea di attività ci si è occupati dell'arricchimento del biogas in metano e della rimozione dei contaminanti, in particolare H_2S , fino a livelli tali da consentirne l'immissione nella rete di distribuzione del gas naturale, escludendo quelle tecniche che richiedono l'impiego di sistemi a temperature superiori a $150^\circ C$. Per la rimozione dell' H_2S , le tecnologie chimico-fisiche individuate e poste a confronto sono quelle basate sull'utilizzo di carboni attivi (processo di adsorbimento) e di ossidi metallici (ossidazione catalitica). Per entrambi i processi gli studi sono stati condotti sia a livello di laboratorio, con l'obiettivo di ottimizzare le condizioni operative, ossia massimizzare la quantità di H_2S rimosso dal biogas a parità di carbone o catalizzatore utilizzato (V_2O_5/CeO) minimizzando i consumi energetici, che su dispositivi accoppiati direttamente al digestore pilota, utilizzando come biogas da trattare quello prodotto contestualmente da un impianto pilota di DA. Sono poi proseguite le attività di ricerca sulla rimozione dell' H_2S con un processo biologico di fotosintesi anossigenica realizzata in un apposito dispositivo di filtrazione del biogas illuminato con lampade LED a determinate lunghezze d'onda, con risultati molto interessanti in quanto l'abbattimento, anche se non totale, avviene anche a concentrazioni elevate di H_2S (intorno a 2000 ppm) e con un basso consumo di energia ($1 W/m^2$).

Sviluppo di un processo di separazione della CO_2 dal biogas mediante assorbimento con soluzioni amminiche in solvente organico

L'assorbimento della CO_2 con soluzione di ammine in solventi organici è un processo innovativo che permette di operare il desorbimento della CO_2 a temperatura più bassa ($\leq 90^\circ C$), riducendo in questo modo la perdita di ammina per evaporazione e degradazione, la corrosione degli impianti e il consumo di energia per la rigenerazione. In particolare, è stato preso in esame l'uso della 2-ammino-2-metil-1-propanolo (AMP) in miscele di glicol etilenico e propanolo, che oltre a presentare caratteristiche interessanti in termini di capacità di assorbimento-desorbimento, ha anche una buona stabilità termica e alla degradazione ossidativa. La sperimentazione, finalizzata a valutare la capacità di assorbimento, la cinetica di assorbimento e le modalità di rigenerazione in diverse condizioni operative, è stata condotta in un sistema semi-batch in cui si

sono realizzati cicli ripetuti di assorbimento della CO₂ e rigenerazione della soluzione in corrente di azoto, ha evidenziato che si possono ottenere loading (moli di CO₂ assorbita per mole di ammina) fino all'80% con gas al 50 o al 70% di CO₂. I test hanno evidenziato che è possibile rigenerare efficacemente la soluzione amminica operando a temperature intorno ai 70 °C. Sulla base delle informazioni reperite in letteratura e dei risultati ottenuti nella sperimentazione, si è quantificato lo schema di un processo di assorbimento e rigenerazione che permette di ottenere un biometano al 97% di metano, con un recupero del metano superiore al 98%. I risultati dello studio dovranno comunque essere validati attraverso una sperimentazione più ampia, che preveda prove di assorbimento e rigenerazione in continuo, realizzata anche su impianto pilota. A tal fine è stato progettato un sistema, da accoppiare all'impianto pilota DMM6000, in grado di trattare 100 NL/h di biogas.

Sviluppo di un processo di produzione di biometano da biogas mediante formazione di gas idrati

Scopo dell'attività è stato quello di validare, ampliare ed approfondire i risultati ottenuti nell'annualità precedente, con una apparecchiatura in grado di eseguire test complementari a quelli già effettuati. I risultati ottenuti hanno dimostrato che il processo di upgrading del biogas mediante formazione di gas idrati risulta fattibile e vi sono elementi chiari per cui l'industrializzazione del processo risulterebbe praticabile. La resa di purificazione del processo è soddisfacente e i costi energetici dello stesso possono essere coperti mediante opportuno recupero energetico del gas impoverito risultante dal processo di separazione.

Ottimizzazione del processo di produzione di biometano a partire da syngas sull'impianto pilota di biometanazione BIOSNG

Il processo di produzione di biometano da syngas è stato ottimizzato sull'impianto pilota di biometanazione BIOSNG. Nei processi di gassificazione della biomassa il gas prodotto presenta rapporti H₂/CO inferiori a quelli indicati dalla stechiometria della reazione di metanazione (3:1) in quanto, a seconda della tecnologia di gassificazione adottata e dalle condizioni di processo, il gas prodotto dalla gassificazione di biomassa raggiunge al più un rapporto H₂/CO pari a 2. Per un'ottimale conversione del gas in metano si richiede pertanto un condizionamento della composizione del gas a valori più favorevoli, e a tal fine è stata svolta una attività sperimentale rivolta all'ottimizzazione della composizione del gas di gassificazione, mediante assorbimento della CO₂ prodotta dalla reazione di water gas shift, e all'incremento delle rese di conversione in metano con l'impiego di specifici catalizzatori. Sulla base dei risultati della sperimentazione condotta nella scorsa annualità, sono stati provati nuovi catalizzatori a base di nichel. Nello specifico sono stati preparati catalizzatori contenenti Ni su matrice avente rapporto Mg/Al variabile, al fine di

verificare l'effetto dell'abbondanza relativa dei siti basici (MgO) rispetto ai siti acidi presenti nello spinello ($MgAl_2O_4$) sulle prestazioni dei materiali, in termini di attività catalitica e di stabilità.

Sviluppo di sistemi di produzione dell'energia elettrica e cogenerativi e riduzione dell'impatto ambientale

Le attività riguardano lo studio di caldaie a sali fusi ad alta temperatura (> 450 °C) alimentate con biomassa lignocellulosica per impianti di produzione di energia elettrica e co/trigenerazione di piccola-media taglia basati su cicli termici con vapore d'acqua o con nuovi fluidi operanti ad un livello termico superiore a quelli attualmente in uso. Sono state effettuate ulteriori prove sperimentali su filtri catalitici tipo wall flow, esaminando il loro comportamento a contatto diretto con i fumi di combustione di una caldaia alimentata a pellet di legno. L'attività relative alla rimozione di particolato fine e degli inquinanti organici dalle emissioni gassose della combustione delle biomasse. Nell'ambito della prima linea è stata eseguita la caratterizzazione termofluidodinamica di diverse miscele ternarie di sali fusi in funzione del loro utilizzo in caldaia e verificato il comportamento del $TiCl_4$ come fluido di lavoro. E' stato inoltre perfezionato lo strumento di calcolo per l'analisi di sistemi energetici alimentati a biomassa legnosa sviluppato nella precedente annualità. Per quanto riguarda la rimozione del particolato fine e degli inquinanti organici dalle emissioni gassose della combustione delle biomasse, riprendendo gli studi e le analisi condotte durante sperimentale è proseguita nella ricerca della migliore configurazione e delle condizioni di esercizio ottimali per una loro applicazione concreta sugli impianti di combustione a biomassa.

Nel triennio 2012-2014 ENEA ha partecipato, in rappresentanza dell'Italia, agli Implementing Agreement "Bioenergy" dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) nonché ad alcune iniziative della European Energy Research Alliance (EERA).

3.2.3 Celle fotovoltaiche innovative

Il progetto ha l'obiettivo di promuovere lo sviluppo di tecnologie innovative ritenute potenzialmente interessanti per la realizzazione di moduli fotovoltaici caratterizzati da buone efficienze di conversione e bassi costi di produzione. Lo scopo delle attività è quello di mettere a disposizione del Paese tecnologie fotovoltaiche avanzate che possano contribuire a rendere il sistema produttivo nazionale innovativo e competitivo in questo settore.

ATTIVITÀ 2012

Celle solari a film sottile di silicio

Le attività sul fotovoltaico a film sottile di silicio sono state finalizzate al miglioramento delle prestazioni di celle tandem micromorfe realizzate con una cella posteriore di silicio microcristallino e una frontale di silicio amorfo. Le

attività svolte hanno riguardato lo studio di materiali assorbitori e drogati alternativi a quelli tradizionali ed è stato avviato lo sviluppo di materiali e architetture di dispositivo per migliorare l'intrappolamento della radiazione solare all'interno della cella. Sono stati preparati film di ossido di silicio di tipo n, da impiegare come materiali drogati alternativi per i dispositivi. In particolare, per le celle tandem è stato dimostrato che i nuovi materiali drogati consentono di ottenere delle buone correnti di corto circuito, impiegando un semplice strato di argento come contatto posteriore delle celle (generalmente viene utilizzato un doppio strato ZnO/Ag) e senza l'utilizzo di alcuno strato intermedio tra le due celle componenti. Adottando lo strato n innovativo, con un processo di fabbricazione semplificato, sono state fabbricate celle micromorfe molto sottili (spessore totale degli strati inferiore al micron), il che significa dimezzare i tempi di fabbricazione del dispositivo, ottenendo valori di efficienza superiori al 9%. Parallelamente alla sperimentazione sulla parte attiva del dispositivo, è continuato lo sviluppo di elettrodi frontali di ZnO caratterizzati da una rugosità superficiale tale da determinare un efficace intrappolamento della radiazione solare. Il lavoro svolto sull'ottimizzazione della morfologia superficiale, ha consentito di ottenere una cella micromorfa con un'efficienza pari a 11,6%. Per quanto riguarda lo sviluppo di strati assorbitori alternativi a quelli attuali, è proseguito lo studio di film nanostrutturati di silicio in matrice di ossido di silicio da utilizzare come strati assorbitori innovativi nella cella anteriore e di film sottili microcristallini di silicio germanio per la cella posteriore in sostituzione del silicio microcristallino. I materiali sono stati caratterizzati e inseriti in celle pin per verificarne il potenziale utilizzo. Infine è stato avviato lo sviluppo di celle sottili in silicio cristallino (cSiTF) su wafer di c-Si sottili (50-100 μm). L'attività ha portato alla realizzazione di un primo dispositivo a eterogiunzione, basato su di un wafer quasi monocristallino di tipo p e spessore di 180 μm sul quale si è depositato un emitter innovativo in SiOx drogato n, per il quali si è ottenuta un'efficienza iniziale del 15,8%.

Materiali e celle a film sottili policristallini a base di rame ed elementi II -IV e VI

L'attività sui film sottili policristallini è stata incentrata sulla realizzazione di celle fotovoltaiche basate sul semiconduttore quaternario $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS). La crescita dei film di CZTS avviene a partire da precursori composti da multilayer di ZnS, Sn e Cu che subiscono poi un annealing in presenza di zolfo in un forno di solforizzazione a tubo aperto. Il lavoro svolto sui vari step del processo di fabbricazione delle celle aveva consentito di ottenere un'efficienza di conversione del 2,5%. Misure di tipo composizionale eseguite lungo lo spessore dei film hanno evidenziato una tendenza alla segregazione dello Zn sul retro del materiale che probabilmente deriva dai differenti coefficienti di diffusione di Cu, Sn e Zn. L'unica soluzione a questo problema sembra essere la crescita di film in cui i metalli sono solforizzati fin dall'inizio e per questo motivo è stato

effettuato un up-grade del sistema di sputtering confocale per poter passare al co-sputtering da solfuri.

Celle organiche a base di materiali polimerici

L'attività sulle celle polimeriche ha avuto l'obiettivo di migliorare le efficienze di conversione dei dispositivi ottenute utilizzando come polimero semiconduttore il poli-3-esiltiofene in modo da renderli interessanti da un punto di vista industriale. Per ottenere questo risultato è stato necessario utilizzare altri materiali polimerici attivi che avessero una struttura elettronica più favorevole sia per incrementare la corrente di uscita delle celle (migliore assorbimento della radiazione solare), che per migliorare la tensione di circuito aperto. Pertanto sono state sviluppate celle fotovoltaiche polimeriche aventi come materiale attivo una blend di un copolimero benzoditiofene-tienotiofene e un derivato del fullerene C70. Sono state affrontate le varie problematiche connesse con la deposizione dei materiali polimerici, il controllo della loro morfologia, la realizzazione dei contatti e la caratterizzazione dei dispositivi. I migliori dispositivi (non incapsulati) hanno raggiunto un'efficienza di conversione del 4,5%, ma si prospettano margini di miglioramento, caratterizzando gli stessi in un ambiente controllato. Inoltre sono state investigate tecnologie di stampa (inkjet printing) per la deposizione dello strato attivo allo scopo di valutare se le caratteristiche di tali materiali sono idonee alla processabilità degli stessi tramite tecniche industrializzabili, che possano operare su larga area, con un'elevata velocità.

ATTIVITÀ 2013

Celle a film sottile di silicio

L'attività sulle celle solari a film sottile di silicio svolta nelle precedenti annualità aveva permesso di realizzare dispositivi tandem micromorfi con efficienza massima pari a 11,6%. Obiettivo delle attività svolte nel corso del 2013 è stato quello di sviluppare materiali innovativi e architetture di dispositivo al fine di migliorare le prestazioni di celle tandem micromorfe realizzate con una cella posteriore di silicio microcristallino e una anteriore di silicio amorfo. In particolare è stato sviluppato uno strato innovativo di tipo p a base di ossido di silicio microcristallino con caratteristiche ottiche migliori rispetto ai film precedentemente utilizzati. Si è poi lavorato all'ottimizzazione dell'assorbimento della luce, sviluppando possibili strategie sia sulla parte frontale che sulla parte posteriore della cella per confinare la radiazione all'interno del dispositivo. Per quanto riguarda la parte frontale della cella, parallelamente allo sviluppo di ossidi trasparenti e conduttivi (TCO) testurizzati, attività in corso già nelle precedenti annualità, sono stati messi a punto processi di strutturazione del vetro, utilizzando due tecniche diverse: la nanostrutturazione auto-organizzata tramite Proiezione Ionica Litografica (IPL) e l'Aluminium Induced Texture (AIT). In entrambi i casi sono stati ottenuti risultati

incoraggianti. E' stata quindi avviata un'attività sulla modellizzazione ottica dei substrati testurizzati con lo scopo di valutare l'influenza della morfologia superficiale sull'intrappolamento della radiazione. Sono stati inoltre progettati riflettori posteriori in configurazione aperiodica, proponendo varie strutture di cella con lo scopo di massimizzare l'assorbimento della luce nei dispositivi. Per verificare la fattibilità e le potenzialità delle strutture proposte è stata avviata una sperimentazione con un sistema di nanolitografia avanzato (Focused Ion Beam), mediante il quale sono stati eseguiti test preliminari che hanno consentito di realizzare alcuni prototipi di celle.

Sviluppo di celle solari a eterogiunzione in silicio su wafer sottili

Sono stati analizzati gli step critici di processo che possono condizionare le prestazioni dei dispositivi. In particolare si è lavorato all'ottimizzazione dell'ossido trasparente e conduttivo frontale, valutando la possibilità di introdurre un multistrato ZnO/Ag/ZnO con idonee caratteristiche ottiche ed elettriche. E' proseguito lo sviluppo di riflettori posteriori a multistrato in configurazione Bragg ottenuti alternando strati di silicio amorfo e nitruro di silicio e lo sviluppo di processi di testurazione dei wafer. Sono stati ottimizzati emitter innovativi di tipo n a base di ossido di silicio, grazie anche alle competenze acquisite su tale tipo di materiale nelle scorse annualità. Sono stati messi a punto processi di screen printing a bassa temperatura di sintering e a bassa resistività specifica di contatto per la realizzazione di griglie metalliche su diversi tipi di TCO. La massima efficienza misurata sui dispositivi è attualmente pari al 15,8%, ma, simulando il comportamento di una cella a eterogiunzione con tutte le migliorie di processo prese in considerazione, si evince che è possibile ottenere efficienze di conversione fotovoltaica maggiori del 22%.

Sviluppo di celle solari a film sottili policristallini di Cu_2ZnSnS_4

Nel corso delle passate annualità era stato messo a punto un processo per la realizzazione di celle fotovoltaiche in cui il materiale attivo veniva realizzato depositando per evaporazione e-beam i precursori, composti da un multilayer di ZnS, Sn e Cu, che venivano sottoposti successivamente ad un annealing in presenza di zolfo. A valle di un'analisi delle varie tecniche di crescita del CZTS, è stato sviluppato un nuovo processo, in cui i tre solfuri metallici (ZnS, CuS e SnS) vengono depositati contemporaneamente, in modo che i metalli nei precursori siano distribuiti fin dall'inizio in maniera uniforme e già sostanzialmente solforizzati. A tal fine è stato effettuato un up-grade del sistema di sputtering confocale per passare al co-sputtering dei solfuri ed è stato installato un nuovo sistema di sputtering per la deposizione dei contatti di Mo e ZnO. L'ottimizzazione del processo di crescita per co-sputtering del CZTS e degli altri strati che compongono il dispositivo ha consentito di ottenere un'efficienza massima pari a 5,6%. Parallelamente è stata investigata

una tecnica per la deposizione del CZTS da fase liquida. L'obiettivo principale della ricerca svolta è stato l'ottimizzazione delle soluzioni, in modo da ottenere un buon controllo della stechiometria e della riproducibilità dei film prodotti.

Sviluppo di celle organiche

L'attività svolta ha riguardato lo sviluppo di nuovi materiali polimerici e il loro test come materiali attivi per celle fotovoltaiche organiche. Le efficienze di conversione ottenute con alcuni dei materiali in studio si sono dimostrate inferiori a quelle ottenute con film più convenzionali. Nell'ambito di questa linea sono state, inoltre, sperimentate strutture ad elevato grado di ordine da utilizzare per sfruttare al meglio le potenzialità dei materiali attivi esistenti e sviluppati. Infine è stato avviato anche uno studio sulla stabilità di tali dispositivi al fine di determinare i fattori limitanti e migliorare la comprensione del funzionamento delle celle.

ATTIVITÀ 2014

Materiali e architetture di dispositivo per celle a multigiunzione basate su film sottili di silicio

Le ricerche svolte nell'ambito della tecnologia a film sottile di silicio mirano nel breve termine a migliorare le efficienze di conversione in modo da ottenere dispositivi con prestazioni analoghe a quelle dei prodotti standard in silicio cristallino presenti nel mercato, con costi competitivi. L'attività svolta in questa linea ha, pertanto, avuto la finalità di sviluppare nuovi materiali assorbitori utili alla fabbricazione di dispositivi a tripla giunzione e di ottimizzare l'intrappolamento della luce nella regione attiva della cella, operando sia sulla parte frontale che posteriore della cella. In particolare è stato sviluppato uno strato assorbitore innovativo ad alta gap di energia a base di ossido di silicio amorfo idrogenato depositato mediante tecnica PECVD ad alta frequenza. Un materiale ad alta gap, infatti, può essere utilmente applicato in celle a multigiunzione, consentendo, inoltre, di incrementare la tensione di circuito aperto del dispositivo. Utilizzando tale materiale come strato assorbitore in celle a singola giunzione è stata misurata una tensione massima di circuito aperto superiore a 1 V nel caso di dispositivo depositato su substrato flat. Si è poi lavorato all'ottimizzazione dell'assorbimento della luce, sviluppando possibili strategie sia sulla parte frontale che sulla parte posteriore della cella per confinare la radiazione solare all'interno del dispositivo. È stato sviluppato un modello numerico per la progettazione di riflettori posteriori per celle solari a film sottile di silicio, testandolo su celle realizzate su substrati nanostrutturati. Partendo dall'analisi morfologica superficiale dei vari strati che compongono la cella e da una caratterizzazione ottica ed elettrica dei dispositivi cresciuti sui substrati nanostrutturati, è stato effettuato un miglioramento del modello, considerando forme geometriche più realistiche, ossia effettivamente ottenute in seguito alla fabbricazione del dispositivo. Per quanto riguarda la

parte frontale della cella, sono stati messi a punto processi di testurizzazione del vetro, utilizzando due possibili tecniche: l'Aluminium Induced Texture (AIT) e la testurizzazione mediante metodi chimici. Entrambe le tecniche sembrano essere promettenti al fine di sviluppare elettrodi frontali ad alta efficacia di scattering ottico da utilizzare come substrati nell'industria del fotovoltaico a film sottile.

Celle a eterogiunzione a-Si/c-Si

La ricerca relativa allo sviluppo di celle solari a eterogiunzione in silicio su wafer sottili è proseguita lavorando all'ottimizzazione del contatto frontale e dello strato passivante intrinseco utilizzato all'interfaccia tra il wafer di silicio e l'emitter realizzato in $\mu\text{c-SiO}_x\text{:H}$. In particolare è stata sperimentata la deposizione via PECVD ad alta frequenza di strati sottili passivanti in silicio amorfo idrogenato (a-Si:H) ed in ossido di silicio amorfo idrogenato (a-SiO_x:H) ottenuti in vari regimi di crescita, variando sia la diluizione in idrogeno dei gas di processo che la frequenza di plasma; si è inoltre condotto uno studio sull'ottimizzazione del contatto frontale della cella in termini di TCO e griglia di raccolta. La passivazione è un aspetto cruciale di una struttura ad eterogiunzione in quanto è direttamente legata alla V_{oc} del dispositivo e quindi alla relativa efficienza di conversione. Si sono ottenuti risultati soddisfacenti, su tali dispositivi è stata misurata un'efficienza massima del 17,4% su area attiva, che migliora il risultato della scorsa annualità nella quale l'efficienza massima ottenuta era stata pari a 15,8%. Si ritiene che efficienze di conversione >18%, obiettivo previsto per questa linea di attività, possano essere ottenute a breve con l'architettura ottimizzata.

Celle a film sottili policristallini a base di $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$

Nell'ambito dello sviluppo di celle solari a film sottile policristallino a base di $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$, sono state esplorate diverse strade per aumentare l'efficienza delle celle fotovoltaiche. Parte delle attività è stata focalizzata al miglioramento dell'efficienza delle celle a giunzione singola, lavorando in particolare all'ottimizzazione della stechiometria del CZTS, allo studio dell'interazione del CZTS col substrato di molibdeno e al miglioramento della riproducibilità dei processi. Nell'ambito dello sviluppo di tecniche di deposizione del CZTS da liquido, è proseguito il lavoro di ottimizzazione del processo di deposizione del CZTS da soluzioni (mediante *dip-coating*) e si è dato inizio ad un nuovo filone di attività sulla preparazione di dispersioni di nanoparticelle di CZTS e sul loro utilizzo per la crescita di film compatti da usare per la realizzazione di dispositivi fotovoltaici. Quest'ultima tecnica sembra essere particolarmente promettente. E' iniziato, infine, uno studio di materiali per celle solari tandem CZTS/c-Si. In particolare si è cercato di valutare quali materiali possano essere utilizzati per la costruzione della giunzione tunnel necessaria a connettere le due celle. Il lavoro, in fase preliminare, ha indagato alcune possibilità: il

drogaggio di tipo p del CZTS, l'utilizzo di uno strato di MoO_3 o di uno strato di NiO.

Sviluppo di celle organiche

Lo sviluppo di celle fotovoltaiche organiche ha avuto l'obiettivo di migliorare le prestazioni delle celle stesse seguendo due possibili strategie: ampliare lo spettro della radiazione solare efficacemente utilizzato dai dispositivi e migliorare il trasporto elettrico delle cariche. Per quanto riguarda il primo approccio sono stati sviluppati strati luminescenti in grado di convertire lunghezze d'onda a più alta energia, non efficientemente assorbite dal materiale attivo, in fotoni di energia compresa nell'intervallo spettrale di assorbimento delle celle organiche. Sono state sviluppate differenti tipologie di materiali da applicare esternamente al cuore del dispositivo o come strati intermedi tra il contatto frontale e lo strato assorbitore della cella (in questo caso il materiale deve avere opportune caratteristiche elettriche). Quest'ultima soluzione ha consentito di ottenere dispositivi sui quali è stata misurata un'efficienza di conversione di poco superiore all'8%. Sono proseguiti, inoltre, gli studi sullo sviluppo di nanocompositi a base di copolimeri a blocchi nanostrutturati da utilizzare come matrice per l'infiltrazione selettiva di molecole organiche attive in modo da sfruttare al meglio le potenzialità dei materiali assorbitori.

Partecipazione al "Photovoltaic Power Systems Programme" IEA

Nell'ambito delle linee di ricerca previste dal Photovoltaic Power Systems Programme della IEA, l'ENEA è inserita in un gruppo di lavoro che svolge attività sul tema del "High Penetration of PV Systems in Electricity Grids". Questa linea di attività si pone come obiettivo principale la promozione e l'incremento dell'uso della fonte fotovoltaica nelle reti elettriche, tenendo conto delle problematiche tecniche legate alla penetrazione di tali generatori nelle reti elettriche di trasmissione e distribuzione, inclusi i servizi ancillari e di rete da loro richiesti.

3.2.4 Energia elettrica da fonte solare: solare termodinamico

La ricerca sul solare termodinamico ha come obiettivo principale la riduzione dei costi per rendere questi impianti sempre più competitivi rispetto alla produzione elettrica con i tradizionali combustibili fossili. Questo può essere realizzato sia attraverso il miglioramento dell'efficienza dei principali componenti e sistemi che con la semplificazione impiantistica ed il miglioramento delle procedure di gestione e manutenzione. L'attività, avviata nel 2013, è finalizzata:

- al miglioramento delle prestazioni del tubo ricevitore con lo sviluppo di nuovi coating ad alta efficienza di conversione foto-termica;
- allo studio, nell'ambito della tecnologia solare a collettori parabolici lineari, di differenti configurazioni impiantistiche per migliorare

l'efficienza e produttività e per ridurre i costi di realizzazione e di esercizio. In particolare è stato studiato l'utilizzo di differenti fluidi termici e lo sviluppo di nuovi sistemi di accumulo termico;

- allo sviluppo di sistemi integrati per applicazioni in impianti di piccola taglia, in particolare sistemi cogenerativi innovativi che sfruttano l'accoppiamento diretto con il sistema di accumulo termico a sali fusi ad alta temperatura.

ATTIVITÀ 2013

Sviluppo di strati sottili ceramici e metallici ad alta compattezza e densità

Nei coating solari a tecnologia "filtri ottici di tipo interferenziale", costituiti da stratificazioni di film sottili ceramici e metallici, grande importanza sull'efficacia foto-termica assume la qualità ottica del film metallico. Pertanto, la prima fase delle attività ha previsto uno studio sulla possibilità di ottenere strati metallici molto compatti, a bassa difettosità e con proprietà ottiche migliorate abbinando una convenzionale sorgente di sputtering ad una sorgente IBAD (Ion Beam Assisted Deposition). A questo scopo è stata apportata una modifica all'impianto di sputtering multicatodo dell'ENEA di Portici con installazione di una sorgente a fascio ionico in camera di processo in prossimità di una delle "stazioni di sputtering". In parallelo alle attività precedenti è stata condotta la prevista attività di progettazione ottica che ha avuto come primo obiettivo la simulazione di una serie di strutture multistrato dielettrico-metallo che ha consentito di valutare i valori massimi teorici dei parametri foto-termici (assorbanza solare, emissività) che si potevano ottenere con queste strutture e, come secondo obiettivo, lo studio della dipendenza delle prestazioni foto-termiche dalle proprietà ottiche dei materiali utilizzati per simulare i rivestimenti. Le simulazioni, condotte con software commerciale Mcleod hanno dimostrato l'importanza che sull'efficacia foto-termica del rivestimento assume la qualità ottica del film metallico e la grande potenzialità dei filtri ottici di tipo interferenziale (da adoperarsi come coating solari) che dovrà comunque essere confermata dall'attività sperimentale di fabbricazione materiali.

Studio di configurazioni impiantistiche alternative

Analisi tecnico-economica di impianti solari termodinamici a collettori parabolici lineari

Nell'ambito degli impianti solari termodinamici, con tecnologia a collettori parabolici lineari, sono presenti due diverse configurazioni impiantistiche in funzione del fluido utilizzato nel campo solare per la raccolta del calore. La prima, quella più diffusa, riguarda impianti che utilizzano olio diatermico (Thienninol VP1), tossico e pericoloso per l'ambiente, che permette una temperatura massima di esercizio di circa 390 °C. La seconda tecnologia, sviluppata dall'ENEA, prevede invece l'utilizzo di una miscela di sali fusi (nitrate di sodio e potassio), non tossica e non dannosa per l'ambiente, che permette di

raggiungere temperature operative di circa 550 °C. La tecnologia a sali fusi oltre a migliorare il rendimento di conversione elettrica, consente di realizzare sistemi diretti di accumulo termico, in cui lo stesso fluido è utilizzato sia nel campo solare che nel sistema di accumulo, ottenendo capacità specifiche di accumulo sensibilmente più elevata, 190 kWh/m³ rispetto a 70 kWh/in³ nel caso di impianti ad olio, con sensibile riduzione delle dimensioni e dei costi del sistema di accumulo. Per analizzare l'influenza del fluido termovettore sia sulle prestazioni che sui costi è stato preso in esame un impianto con potenza elettrica di 50 MWe, ed accumulo termico con capacità di 7 h, e sono state analizzate tre diverse configurazioni impiantistiche con differenti fluidi: olio, sale binario e sale ternario. Si è ipotizzato di localizzare l'impianto in Sicilia. Per le tre differenti configurazioni è stata valutata l'energia elettrica prodotta, il rendimento di conversione dall'energia solare, i costi di installazione e quindi il costo dell'energia prodotta. E' stata ipotizzata anche la presenza di una integrazione fino al 15% (come permesso dal decreto sugli incentivi).

Valutazione dell'utilizzo di fluidi gassosi in impianti solari termodinamici

Un'alternativa ai fluidi termovettori liquidi è l'utilizzo di fluidi gassosi (CO₂, He, N₂, aria), che sono già stati presi in esame per gli impianti a torre e mai invece per gli impianti a collettori parabolici lineari. A questo scopo è stata quindi analizzata la possibilità di utilizzo di un gas come fluido termico all'interno dei tubi ricevitori di un impianto a collettori parabolici lineari. E' stata definita la configurazione del campo solare in particolare la dimensione e il numero di collettori da collegare in serie per costituire il modulo elementare di campo solare (stringa). Non c'è grossa differenza tra i diversi fluidi per cui è stato scelto di utilizzare aria che comporta minori problemi, sia di approvvigionamento che di gestione. E' stata quindi definita la pressione ottimale in funzione dei limiti dei componenti (tubo ricevitore). Sono stati studiati differenti cicli termici e valutata la relativa efficienza.

Individuazione e caratterizzazione di miscele di materiali a cambiamento di fase e nano particelle, da impiegare come sistemi alternativi di accumulo termico

Nell'ambito di questa linea è stato effettuato uno studio sulle soluzioni tecnologiche in grado di condurre a sistemi di accumulo termico per impianti solari termodinamici utilizzanti, come mezzo di accumulo, dei PCM, con particolare riferimento alla possibilità di incrementarne la capacità di accumulo e la diffusività termica attraverso l'aggiunta di piccole quantità di opportune nanoparticelle. Oggetto della presente attività è stato, quindi, lo sviluppo e la caratterizzazione di nuovi mezzi di accumulo termico, per temperature comprese tra i 120 ed i 600°C, che utilizzano una miscela di PCM con aggiunta di nano particelle. Le attività hanno portato alla realizzazione e caratterizzazione di nuovi materiali a cambiamento di fase nanocaricati attraverso la selezione e

caratterizzazione dei PCM di base e delle nanoparticelle da aggiungere agli stessi, nonché lo studio e sviluppo di metodi di miscelamento PCM-nanoparticelle in grado di assicurare la distribuzione ottimale dei singoli componenti

Sviluppo di sistemi integrati per applicazioni in impianti di piccola taglia

Le attività svolte hanno permesso di definire con maggiore dettaglio le linee di azione per lo sviluppo di sistemi integrati di piccola taglia. In particolare, il concetto innovativo alla base dello sviluppo di un serbatoio di accumulo a sali fusi stratificanti in temperatura è stato sottoposto a verifica sperimentale. Sono state effettuate numerose prove sperimentali utilizzando il serbatoio di accumulo a sali dell'Impianto PCS del CR Casaccia dell'ENEA, per avere la conferma che la stratificazione dei sali fusi, una volta innescata e stabilizzata, si mantenesse nel tempo nonostante le perdite di energia termica verso l'ambiente e, ovviamente, in assenza di azioni perturbative. I risultati sulla caratterizzazione hanno avuto esiti molto positivi: essi confortano nella possibilità dello sviluppo e dell'utilizzo in futuro di un tale sistema di accumulo integrato. Le attività di valutazione comparativa tra diverse soluzioni impiantistiche per la produzione di energia elettrica: microturbina a vapore, espansore volumetrico a vapore, macchina di Stirling, hanno prodotto la scelta di una microturbina a vapore come la soluzione più idonea e praticamente percorribile per le taglie d'impianto oggetto della ricerca.

ATTIVITÀ 2014

Sviluppo di strati sottili ceramici e metallici ad alta compattezza e densità

Fabbricazione e caratterizzazione di strati sottili metallici e dielettrici per la realizzazione di filtri solari del tipo interferenziale

Le attività della linea sono indirizzate alla realizzazione di film metallici molto sottili, dell'ordine di qualche nanometro, da impiegare in filtri interferenziali multistrato ceramico-metallico per migliorare le prestazioni fototermiche dei tubi ricevitori per impianti solari termodinamici a collettori parabolici lineari. L'attività sperimentale svolta, utilizzando l'impianto prototipale di sputtering + IBAD realizzato nella precedente annualità presso il Centro ENEA di Portici, hanno evidenziato che le caratteristiche di quest'ultimo (camera di processo, pressioni di processo consentite e potenza del cannone elettronico) per il tungsteno, come probabilmente per altri metalli di transizione di alto numero atomico, non consentivano di migliorare apprezzabilmente le proprietà metalliche dei materiali depositati. La tecnica IBAD è stata sperimentata sia in modalità alternata (dove il processo di sputtering e quello del bombardamento ionico si susseguivano nel tempo), sia in modalità confocale (che prevedeva l'azione simultanea del processo di sputtering e del bombardamento del cannone ionico). È stata, quindi, sperimentata la tecnica del co-sputtering, di film sottili di compositi metallo-metallo (costituiti da una matrice metallica su cui sono disperse particelle di un altro metallo). È stata

infine sperimentata la dispersione di tungsteno in una matrice di allumina e la caratterizzazione ottica degli strati sottili dei materiali compositi prodotti ha mostrato risultati interessanti. Questi materiali presentano, inoltre, proprietà ottiche indipendenti dallo spessore del materiale utilizzato, proprietà molto utile nella progettazione di filtri interferenziali ceramico-metallico per coating solari.

Sperimentazione preliminare della tecnica MetaMode mediante l'utilizzo della sorgente IBAD

Utilizzando la sorgente IBAD, sono state condotte, quindi, prove di ossidazione e nitrurazione di strati sottili di alluminio mediante un processo del tipo MetaMode. Il processo consiste nel depositare sul substrato, con tecnica magnetron sputtering in gas argon, uno strato molto sottile di metallo nella "zona di deposizione" della camera di processo e, successivamente, nell'ossidare (nitrurare) questo strato mediante l'azione di una sorgente ionica installata nella "zona di reazione" della stessa camera ed "alimentata" da specie reattive quali ossigeno o azoto. Alternando deposizione ed ossidazione (o nitrurazione) del metallo, possono essere fabbricati strati di ossido (ovvero nitruro) dello spessore desiderato. La campagna sperimentale condotta ha dimostrato che la sorgente ionica installata è idonea a realizzare i materiali d'interesse con la tecnica MetaMode in quanto è in grado di fornire buoni livelli di densità di corrente del fascio di ioni del gas reattivo (qualche mA/cm²) e valori dell'energia degli ioni sufficientemente alta a penetrare nei sottili strati metallici, ma non troppo da far prevalere il fenomeno dell'erosione rispetto a quello della deposizione. La tecnica MetaMode è stata sperimentata con successo per la fabbricazione sia di film di ossidi che di nitruri di alluminio.

Sviluppo di sistemi alternativi di accumulo termico

Le attività hanno riguardato lo studio, nell'ambito della tecnologia solare a collettori parabolici lineari, di nuovi sistemi di accumulo termico. In particolare è stata valutata la possibilità di realizzare un accumulo termico in impianti che utilizzano gas come fluido termovettore e sono stati analizzati nuovi sistemi di accumulo termico a calore sensibile che utilizzano sia materiali inerti (es. cementi speciali) che miscele di materiali a cambiamento di fase PCM (Phase Change Materials) con aggiunta di nanoparticelle per migliorare le proprietà termiche. È stata esaminata la possibilità di utilizzare un fluido gassoso come fluido termovettore per alimentare il campo solare e produrre energia elettrica tramite un ciclo termodinamico Brayton. Sono stati analizzati diversi gas potenzialmente utilizzabili per la raccolta di calore solare ad alta temperatura e pressione (anidride carbonica, azoto, elio e aria secca). La scelta del fluido ottimale è stata fatta sulla base di considerazioni tecnico-economiche che hanno consentito di stabilire che l'aria secca è la soluzione più vantaggiosa per applicazione in studio. Tenendo conto che per un impianto solare l'accumulo

termico è la soluzione impiantistica che permette di dare continuità alla produzione di energia elettrica anche in assenza di radiazione solare l'attività si è concentrata sullo sviluppo di un sistema di accumulo termico innovativo, a calore sensibile, basato sull'utilizzo di materiale solido in forma di sfere (pebble bed), racchiuso in opportuni contenitori, per accumulare calore ad alta temperatura e pressione (almeno 550 °C e 80 bar). Un mezzo di accumulo a calore latente con temperatura di fusione prossima ai 200-250°C è stato selezionato, prodotto nelle opportune quantità, e caratterizzato, con particolare riferimento alla diffusività/conducibilità termica, alla sua stabilità nel tempo ed a tutte quelle proprietà fisiche e termo-meccaniche necessarie nonché alla sua compatibilità con i materiali di contenimento (acciai di tipo AISI 316). Inoltre, è stato sviluppato un metodo di produzione di nanoPCM, in grado di fornire in tempi brevi le quantità richieste (semi-industriale) mantenendo inalterate le caratteristiche del prodotto. In particolare le attività hanno riguardato la selezione e caratterizzazione del mezzo di accumulo e la sua compatibilità chimica con i materiali di contenimento ed attività connesse alla sintesi, ai protocolli di miscelamento, alla metodologia di produzione e alla sua effettiva produzione. E' stato infine progettato un sistema elementare di accumulo termico a cambiamento di fase funzionante a media temperatura (circa 250°C) e della sezione di prova necessaria alla verifica delle condizioni di scambio termico che si instaurano.

Sviluppo di sistemi integrati per applicazioni in impianti di piccola taglia

Le attività hanno riguardato il completamento della caratterizzazione del serbatoio di accumulo a sali fusi dell'impianto sperimentale PCS in condizioni reali di esercizio, la progettazione completa di un sistema di cogenerazione con microturbina da 1,5 kWe ed il progetto preliminare di un generatore di vapore di tipo innovativo riscaldato da sali fusi per la produzione del vapore necessario ad alimentare la microturbina (12 bar e 60 kg/h), senza la necessità di preriscaldamento della acqua di alimento.

Nel periodo 2013-2014 'ENEA ha partecipato, come rappresentante italiano, all' Implementing Agreement SolarPACES dell'International Energy Agency e a gruppi di lavoro dell'European Energy Research Alliance (EERA).

3.2.5 Studi e valutazioni della produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso

ATTIVITÀ 2012

Le attività hanno riguardato lo studio del potenziale energetico presente nello Stretto di Messina, la valutazione delle caratteristiche fisiche del potenziale ondoso per alcune regioni campione della costa italiana e la valutazione del potenziale elettrico erogabile in rete da sistemi di conversione del moto ondoso e correnti di marea.

Potenziale energetico dello stretto di Messina

Per quanto riguarda lo Stretto di Messina è stato implementato il modello ad alta risoluzione "Massachusetts Institute of Technology general circulation model" (MITgcm) in configurazione non idrostatica. I risultati ottenuti dalla simulazione di controllo sono stati validati confrontandoli con i dati sperimentali a disposizione. Al termine della positiva fase di confronto, i dati di corrente marina sono stati analizzati in termini di flusso di energia secondo sezioni trasversali dello stretto. In questo modo è stato possibile individuare con estrema precisione i punti dello stretto interessati dal massimo potenziale energetico. I dati energetici sono stati successivamente integrati all'interno di un sistema di visualizzazione multistrato GIS.

Valutazione delle caratteristiche fisiche del potenziale ondoso per alcune regioni campione della costa italiana

Sono stati sviluppati diversi modelli ad altissima risoluzione (< 1 km) per diverse regioni della costa italiana. I modelli in questione hanno fornito la quantità di energia disponibile lungo la costa occidentale della Sardegna e Sicilia, dell'isola di Pantelleria e di Civitavecchia ad un dettaglio spaziale mai raggiunto in precedenza. L'analisi è stata finalizzata sia a determinare il clima ondoso e l'energia associata, sia a determinare gli eventi estremi.

Valutazione del potenziale elettrico erogabile in rete da sistemi di conversione del moto ondoso e correnti di marea

Sono stati valutate le prestazioni di alcuni dispositivi di conversione del moto ondoso e delle correnti marine sviluppati in Italia. I convertitori del moto ondoso presi in esame sono stati il REWEC3 e ISWEC. Una prima fase delle attività ha riguardato lo studio del dimensionamento del dispositivo REWEC3. Lo studio è stato condotto considerando sia i dati climatologici del moto ondoso sia gli eventi estremi. Al termine di questa fase è stata stimata la produzione di energia ondosa media annua dell'impianto ipoteticamente applicato in alcuni punti della costa italiana. Per ISWEC l'analisi di produttività del convertitore ha seguito un'altra procedura. Durante la prima fase sono stati raffinati i modelli idrodinamici ed elettro-meccanici che simulano il funzionamento di ISWEC sulla base dei dati ondometrici ad alta frequenza spazio-temporale generati nel corso del progetto stesso. Sulla base dei risultati ottenuti, è stata valutata la quantità di energia elettrica erogabile da ISWEC nel sito costiero dell'isola di Pantelleria. Relativamente ai dispositivi di conversione delle correnti di marea, sono state verificate le prestazioni di sistemi sia ad asse orizzontale che verticale. Le prestazioni dei dispositivi sono state valutate mediante simulazioni numeriche dell'idrodinamica che si stabilisce tra convertitori di energia ed il potenziale marino. Sono stati analizzati diversi dispositivi (Kobold, Fri-EI GEM, MCT e Verdant Power). L'analisi di produttività e costo dell'energia prodotta da questi

convertitori è stata calcolata per lo stretto di Messina sulla base dei dati provenienti dalle simulazioni numeriche delle correnti di marea.

ATTIVITÀ 2013

Sviluppo di modelli meteo-marini

L'attività è stata dedicata alla creazione di un sistema operativo per la previsione dell'energia del moto ondoso, per l'intera area Mediterranea ad una risoluzione di $1/32^\circ$ (corrispondente circa a 3,5 km) e per alcune aree dei mari italiani di particolare interesse, ad una risoluzione spaziale che raggiunge all'incirca i 700-800 m. Le aree a più alta risoluzione sono la zona ovest della Sardegna, la Sicilia nord-occidentale, le aree su cui sono in corso l'installazione di impianti di produzione di energia dal moto ondoso (es. Civitavecchia), e le isole per le quali l'autosufficienza energetica può risultare fondamentale. Inoltre sono state definite due zone in aree portuali, dove in futuro è possibile prevedere l'installazione di sistemi di conversione del moto ondoso (golfo di Genova e di La Spezia-Carrara). Un'ultima area significativa è stata ritenuta quella del Golfo di Napoli, non solo per le caratteristiche portuali ma anche per la possibilità in futuro di effettuare una validazione accurata dei risultati delle simulazioni utilizzando i dati misurati da radar disponibili su quell'area. È stata quindi realizzata una catena di modelli a partire dalla simulazione relativa all'intero bacino Mediterraneo fino all'alta risoluzione nelle zone di interesse. L'intera catena di modelli di onde viene eseguita automaticamente ogni mattina sulla macchina di calcolo acquisita nel corso del progetto; i campi meteorologici sono disponibili verso le ore 3 del mattino, entro le ore 8 ha termine l'elaborazione. Le mappe con i dati caratteristici delle onde e l'energia associata sono resi pubblici sul sito web dell'ENEA (<http://utmea.enea.it/data/waves/index.php>) alla risoluzione temporale di un'ora, sia per tutto il Mediterraneo che per tutti i 10 sotto-bacini.

Ottimizzazione di dispositivi U-OWC (U-Oscillating Water Column)

È stata condotta un'analisi puntuale e dettagliata per il dimensionamento ottimizzato di un impianto U-OWC in funzione dello stato del mare. È stato inoltre realizzato un modello numerico di tipo CFD del convertitore. Il modello numerico realizzato ha riprodotto in maniera più che ragionevole il funzionamento del dispositivo prototipale di un U-OWC in fase di realizzazione presso l'Università Mediterranea di Reggio Calabria. I fenomeni fisici presi in considerazione comprendono l'oscillazione della colonna d'acqua e il conseguente spostamento dell'aria per effetto del moto ondoso. Le condizioni di funzionamento analizzate hanno considerato due situazioni: le onde prodotte dal vento locale (*wind wave*) e quelle prodotte dalla propagazione o smorzamento del moto ondoso (*long swells*).

Misure di corrente nello Stretto di Messina

Lo studio riguarda il rilevamento sperimentale della velocità della corrente marina in uno specifico sito di misura nell'area dello Stretto di Messina. La scelta dell'area di installazione è stata connessa con i livelli locali della velocità della corrente, che lo rendono interessante per lo sviluppo delle tecnologie connesse con lo sfruttamento energetico delle correnti.

Studi per la progettazione di un sistema point-absorber in scala reale da 60 kW

Le attività svolte sono state rivolte alla progettazione di un sistema di produzione di energia da moto ondoso in scala reale del tipo definito *point absorber*. A tale fine le metodologie di modellazione delle caratteristiche del moto ondoso sviluppate da ENEA sono state integrate con le metodologie di modellazione, ottimizzazione e progettazione del sistema di conversione dell'energia del moto ondoso ISWEC (Inertial Sea Wave Energy Converter) sviluppato dal Politecnico di Torino. Dall'integrazione di queste competenze si è ottenuta una metodologia complessiva che ha prodotto:

- l'ottimizzazione del sistema di conversione, per adattarlo alle diverse condizioni di moto ondoso;
- la progettazione dei componenti del sistema;
- l'analisi della produttività sul lungo periodo, ad esempio la produttività annua.

ATTIVITÀ 2014

Calcolo di indicatori di produttività energetica a partire dal clima ondoso

È stata generata una climatologia ad alta risoluzione e di lungo periodo, per l'intero bacino Mediterraneo. Il modello numerico WAM per la simulazione del moto ondoso è stato utilizzato alla risoluzione di $1/32^\circ$ per produrre una climatologia delle onde della durata di 25 anni, dal 1980 al 2004. Lo spettro di densità di energia è stato discretizzato utilizzando 36 direzioni angolari, corrispondenti ad una risoluzione angolare di 10° , e 32 intervalli di frequenza, che aumentano con progressione logaritmica a partire da 0,05 Hz. Sono stati utilizzati come forzante superficiale i venti provenienti da una simulazione di un modello atmosferico regionale, forzato a sua volta dalle analisi del Centro Europeo per le Previsioni a Medio termine (ECMWF). Dalle mappe medie mensili di altezza significativa e di energia risulta evidente la forte stagionalità. Oltre alle grandezze integrate, quali altezza significativa dell'onda e direzione, in uscita dal modello WAM sono stati memorizzati, con frequenza oraria, gli spettri bidimensionali per 20 punti lungo la costa del bacino. Sono stati calcolati gli spettri ottenuti mediando nelle due dimensioni, frequenza e direzione. I valori massimi di energia vengono raggiunti nei tre mesi invernali, ampiezze di poco inferiori si possono osservare sia durante i mesi di marzo e aprile che nel mese di novembre. L'energia raggiunge i valori più elevati nelle zone occidentali della Sardegna e della Sicilia e a nord di Pantelleria, dove le basse frequenze indicano

la prevalenza delle onde di lungo periodo che si propagano a partire dalla zona nord del bacino. Per alcuni siti è stata calcolata la produttività annua in funzione della potenza installata. Allo scopo di ottenere una quantificazione realistica della produzione annua, i valori degli spettri per tutto il periodo della simulazione sono stati analizzati introducendo una selezione sui principali fattori che determinano la riduzione dell'energia prodotta dai convertitori, rispetto a quella totale contenuta nelle onde. Un'altra attività, svolta nel corso della presente annualità, riguarda la catena operativa di previsione del moto ondoso e dell'energia associata, messa a punto nel corso dell'annualità precedente. Tale catena operativa fornisce le previsioni per tutto il bacino Mediterraneo alla risoluzione di $1/32^\circ$ e per 10 sottobacini ad $1/128^\circ$.

Attività sperimentale su dispositivi a colonna d'acqua oscillante OWC

In questa linea sono svolte due attività distinte. Una prima attività riguarda la sperimentazione sul campo di un modello in scala ridotta di un dispositivo a colonna oscillante del tipo U-OWC eseguita presso il laboratorio NOEL dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria. Le prove sono state condotte su un prototipo di cassone REWEC3 in acciaio, che è alloggiato e opportunamente solidarizzato ad una diga in cemento posta alla profondità di 2 m. Sul cassone è stata installata una turbina di tipo Wells. I risultati ottenuti nel corso della sperimentazione hanno dimostrato l'ottimo livello di efficienza dell'impianto sia in assenza che in presenza di turbina funzionante. Le analisi effettuate hanno avuto un duplice scopo. Da un lato validare il comportamento del sistema REWEC3 per l'assorbimento dell'energia ondosa e la produzione di energia; e dall'altro quello di fungere da base per la validazione del modello CFD implementato da ENEA nonché di progettare un'ulteriore fase sperimentale da effettuarsi su un cassone REWEC3, a geometria variabile per lo studio di una progettazione ottimizzata degli impianti U-OWC. Una seconda attività è stata dedicata alla progettazione e realizzazione un nuovo modello di impianto U-OWC in scala 1:8 a geometria modificabile da installare sempre presso il laboratorio NOEL. La finalità è quella dello studio dell'idrodinamica ottimizzata dell'impianto, per incrementare i rendimenti di assorbimento del convertitore. Al fine di potere analizzare diverse configurazioni di U-OWC, è stato, quindi, progettato un nuovo modello di U-OWC, che è caratterizzato da un'elevata modularità. Infatti, esso è dotato di 2 setti interni rimuovibili, che permettono di partizionare la camera in 3 celle indipendenti.

Analisi fluidodinamica CFD su dispositivi a colonna d'acqua oscillante OWC

Le attività hanno riguardato la messa a punto del modello di calcolo CFD sulla base della geometria definitiva dell'apparato U-OWC sperimentale utilizzato nel quadro della linea precedente ed il confronto tra risultati numerici ottenuti e i risultati sperimentali derivati dalla campagna di misure condotte. Per le analisi fluidodinamiche si è utilizzato il codice di calcolo OpenFOAM - The open source

CFD toolbox - vers. 2.2.1. In particolare è stato utilizzato il solutore interFoam, specifico per flussi bifase isotermici caratterizzati da fluidi immiscibili ed incomprimibili che utilizza come modello bifase il VOF (volume of fluids). Visto il notevole peso computazionale, le simulazioni sono state fatte girare sulle macchine appartenenti al sistema di calcolo ad alte prestazioni del progetto CRESCO. I dati sperimentali, per il confronto con le simulazioni CFD, sono le registrazioni delle evoluzioni della pressione in due punti dell'apparato sperimentale, il primo posizionato in corrispondenza della superficie di ingresso/uscita dell'acqua di mare, il secondo posizionato in corrispondenza della copertura della camera interna, quindi nella zona occupata dall'aria. L'andamento nel tempo della pressione sulla superficie di ingresso/uscita dell'acqua è stato utilizzato per ottenere la forzante nella simulazione CFD. L'analisi effettuata ha mostrato che, da un punto di vista quantitativo, i risultati calcolati e quelli sperimentali presentano delle forti discordanze dovute presumibilmente al fatto che il modello CFD non può tenere conto di fenomeni dinamici, che possono essere anche legati a variazioni atmosferiche, i quali influenzano invece le misurazioni sperimentali. Dal punto di vista qualitativo i risultati del modello numerico e quelli sperimentali presentano invece un buon accordo verso la fine del periodo temporale simulato a dimostrazione della bontà del modello numerico sviluppato.

Studio delle prestazioni di un dispositivo di tipo point absorber "attivo" in scala reale, e progettazione di un sistema oscillante "passivo" per il recupero di energia dal moto ondoso

L'attività riguarda l'identificazione di metodologie per l'installazione di sistemi di conversione dell'energia da moto ondoso (Wave Energy Converter, WEC). Sono stati considerati sistemi ISWEC e PEWEN. L' ISWEC (Inertial Sea Wave Energy Converter) è un sistema galleggiante "attivo" che tramite l'utilizzo dei fenomeni giroscopici permette la conversione del moto di beccheggio di un galleggiante in energia elettrica, il PEWEC (PEndulum Wave Energy Converter), e invece un sistema galleggiante "passivo", composto da un pendolo incernierato allo scafo e libero di muoversi al suo interno, l'oscillazione dello scafo provocata dalle onde induce un'oscillazione del pendolo. Sono state quindi svolte attività teoriche e di progettazione di base necessarie a definire le caratteristiche di un prototipo "point-absorber" per la conversione dell'energia ondosa in energia elettrica in cui il PTO ("power-take off") è di tipo passivo. è stato realizzato un prototipo in scala 1:45 le cui prestazioni sono state successivamente testate attraverso specifiche campagne di misure condotte in vasca navale presso il Politecnico di Torino. Le attività svolte permettono di affermare che la tecnologia dei sistemi inerziali passivi risulta promettente dal punto di vista applicativo, con rendimenti oltre il 45% e potenze stimate "full scale" fino a circa 250 kW per unità. Inoltre le conoscenze teoriche e costruttive acquisite con le attività

descritte consentono di affrontare con sicurezza lo studio e la realizzazione di prototipi di scala maggiore.

3.2.6 Studi sull'utilizzo pulito dei combustibili fossili e cattura e sequestro della CO₂

Il progetto ha per finalità lo sviluppo, la validazione teorica e sperimentale e la dimostrazione su scala significativa di un ventaglio di tecnologie innovative per l'impiego sostenibile di combustibili fossili, sia per la produzione di elettricità con ridotte emissioni di gas serra, sia per la produzione di combustibili liquidi o gassosi (nel caso di carbone). Elemento comune per la sostenibilità ambientale di tali combustibili, è rappresentato, oltretutto, dall'incremento di efficienza, dalla contestuale separazione della CO₂ e il suo successivo stoccaggio o riutilizzo (Carbon Capture Utilization and Storage).

ATTIVITÀ 2012

Produzione e trattamento combustibili gassosi e liquidi da carbone

Sperimentazione e ottimizzazione del processo di gassificazione e purificazione del syngas da composto solforati e TAR

Sono state condotte attività sperimentali sulla gassificazione del carbone, in relazione a "rango", pezzatura, agente gasificante, e sulla co-gassificazione di carbone e biomassa. Nell'ottica di migliorare il processo di gassificazione nelle sue criticità di esercizio sono stati eseguiti test sperimentali presso il mini impianto di gassificazione presente presso il Centro ENEA della Casaccia (impianto GESSYCA, gassificatore up-draft a letto fisso da 75 kW), ed è stato progettato e realizzato un nuovo gassificatore per lo sviluppo di opportune metodologie di controllo automatico del processo. *Sono state sviluppate tecnologie di clean-up del syngas per l'abbattimento delle polveri (a umido), la desolforazione (con sorbenti solidi a base di Zn e Fe), l'abbattimento del tar (con cracking catalitico).*

Processi integrati di gassificazione/pirolisi per la pulizia di syngas da carboni di basso rango

È stato sviluppato un processo di gassificazione innovativo, basato su pirolisi preventiva e separata dalla fase di gassificazione, rivolto in particolare all'utilizzo di carboni di basso rango, realizzando un impianto pilota per la messa a punto del processo. Sono state effettuate attività di caratterizzazione di sorbenti e catalizzatori, test di pirolisi del carbone del Sulcis in diverse condizioni operative (temperatura, pezzatura carbone, tempo di residenza, portata e tipologia gas di trasporto) caratterizzando sia i prodotti gassosi che il solido residuo (char e ceneri) ottenuti nel processo. Per lo studio dell'intero ciclo integrato è stato progettato e realizzato presso ENEA il mini-impianto VALCHIRIA (VALorizzazione CHar, Impianto Ricerche Avanzate)

Produzione di combustibili liquidi da carbone (tecnologia "Coal to Liquid")

L'attività ha riguardato lo studio e definizione della configurazione impiantistica più idonea di un processo integrato di produzione di combustibili liquidi (Coal To Liquid) e gassosi (idrogeno) con cattura della CO₂. È stato realizzato un impianto pilota per la messa a punto della tecnologia Coal to Liquid, basata su sintesi Fischer-Tropsch (sono stati selezionati i catalizzatori e determinati i parametri ottimi di funzionamento). È stato inoltre condotto uno studio di fattibilità tecnico-economica relativo ad un impianto di taglia industriale.

Aumento di efficienza nelle tecnologie di cattura della CO₂

Cattura della CO₂ ad alta temperatura mediante sorbenti solidi a base di ossido di calcio

Le tecnologie per-combustione operano la "decarbonizzazione" del combustibile fossile a monte della combustione rilasciando un syngas ad alto contenuto di idrogeno utilizzabile come combustibile in impianti di produzione elettrica. Sono stati sviluppati sorbenti solidi ad alta temperatura, a base di CaO, altamente efficienti, per la cattura della CO₂. È stato completato l'impianto sperimentale ZECOMIX. Sono stati effettuati i collaudi preliminari e test pratici funzionali per la messa a punto dei numerosi sottosistemi (gassificatore, carbonatore/calcinatore, scrubber, generatore di vapore, torcia, sistemi di alimentazione aria, ecc.). Sono state effettuate prove preliminari di gassificazione, ed è stata avviata la fase dei collaudi funzionali dei principali componenti installati.

Studi modellistico/sperimentali sui processi di cattura della CO₂ con solventi

L'attività sperimentale sul processo di cattura della CO₂ con solventi liquidi è stata condotta in laboratorio presso Sotacarbo ed ENEA, sia su syngas che simulano quelli prodotti in impianti di gassificazione, sia su effluenti gassosi simulanti fumi di combustione del polverino di carbone. Sono stati realizzati presso Sotacarbo un impianto pilota (e laboratori di caratterizzazione a supporto) per il miglioramento di efficienza energetica, durabilità, efficienza di rigenerazione di solventi liquidi a base di ammine. È stata sviluppata una soluzione innovativa, sempre a base di ammine, ma "water-free", caratterizzata da minor consumo energetico e tossicità, elevata durabilità e capacità rigenerativa. ENEA ha sviluppato un nuovo solvente (soluzione basica di resorcinolo) caratterizzato da alta efficienza energetica e di cattura, e minore tossicità.

Sviluppo di nuovi bruciatori avanzati per la combustione di syngas ricchi di idrogeno

Lo sfruttamento energetico, in turbine a gas, del syngas prodotto in processi di "decarbonizzazione pre-combustion" impone lo sviluppo di bruciatori

innovativi. A tal fine è stato sviluppato un nuovo bruciatore avanzato per turbogas, di tipo Trapped Vortex, in grado di operare con syngas molto ricchi di idrogeno provenienti da processi di cattura pre-combustion, ed è stata realizzata una facility sperimentale per la sua validazione (impianto MICOS, C.R. ENEA Casaccia).

Sviluppo di strumenti numerici per l'ottimizzazione di componenti

Sono stati sviluppati strumenti numerici e modelli per la simulazione stazionaria e non di flussi reattivi multifase (combustione di polverini di carbone, slurry, gas e syngas, in aria o ossigeno) e per la progettazione dei componenti. È stato completato lo sviluppo di un modello di cinetica chimica per la combustione di carbone, di tipo innovativo, a carattere predittivo, che richiede informazioni solamente sulla composizione elementare del carbone di partenza e sulle condizioni operative del processo.

Tecnologie di sequestro/utilizzo della CO₂ e progettazione di un impianto dimostrativo CCS

Studi su tecnologie di utilizzo e fissaggio della CO₂

Sono state sviluppate tecnologie alternative al sequestro geologico della CO₂, finalizzate alla produzione di combustibili gassosi (metanazione) e alla fissazione chimica dell'anidride carbonica (carbonatazione dei residui solidi di gassificazione).

Studio preliminare di un impianto dimostrativo a carbone con cattura e confinamento geologico della CO₂

È stato effettuato uno studio di pre-fattibilità relativo alla realizzazione di un impianto dimostrativo di produzione di energia da carbone con cattura e successivo stoccaggio dell'anidride carbonica prodotta in un idoneo sito localizzato nel bacino del Sulcis. È stata condotta un'approfondita analisi tecnico-economica per valutare possibili configurazioni alternative ed individuare la miglior soluzione per la realizzazione di un dimostrativo di media scala (300-450 MWe). La scelta finale è ricaduta su un impianto a tecnologia Supercritical Circulating Fluidized Bed Combustion (USPCC). È stata inoltre avviata una campagna sperimentale finalizzata all'ottimizzazione di una rete di monitoraggio geochimica, definendo il "baseline" cioè i termini di riferimento rispetto ai quali individuare le eventuali fughe di CO₂ profonda. È stata condotta la sperimentazione di una rete di monitoraggio geochimico costituita da una serie di centraline con misura diretta delle concentrazioni e/o di flusso della CO₂, del metano e di altri parametri di interesse (quali temperatura, umidità, pH, Eh, concentrazioni in falda, etc) sulla superficie, in mare e all'interno di pozzi o altre vie di accesso al sottosuolo.

ATTIVITÀ 2013

Tecnologie innovative per la cattura della CO₂ in post-combustione

Le attività sono state indirizzate allo sviluppo di nuovi solventi liquidi (soluzioni amminiche "water free" e soluzioni basiche di resorcinolo) caratterizzati da più elevate efficienze e minor tossicità. Tali solventi possono essere applicati anche al "lavaggio" di syngas in configurazioni di cattura pre-combustione. È stato condotto un ampio programma sperimentale volto alla caratterizzazione delle prestazioni di solventi convenzionali (ammine) in relazione ad aspetti impiantistici e alla ottimizzazione del processo di cattura. Particolare attenzione è stata rivolta alla valutazione dell'efficienza di cattura, della capacità di assorbimento specifico di CO₂ all'interno del singolo solvente, e della sua capacità di rigenerazione, del degradamento delle prestazioni del solvente utilizzato al variare del numero di cicli, della quantità specifica di energia necessaria alla sua rigenerazione. Tutte queste grandezze sono state determinate variando i principali parametri di processo quali la tipologia e la concentrazione di solvente, la tipologia e la composizione delle correnti gassose trattate, le portate delle correnti liquide e gassose, la temperatura di rigenerazione.

Tecnologie per la cattura della CO₂ in pre-combustione attraverso la produzione e il trattamento di combustibili gassosi e liquidi dal carbone

L'attività si è articolata in cinque linee distinte di ricerca.

- Ottimizzazione della tecnologia nota di gassificazione, trattamento e conversione del syngas, e successiva ottimizzazione del processo di cattura della CO₂ con metodi classici (ammine), sulla sua efficienza e sui consumi energetici legati alla rigenerazione dei solventi.
- sono state svolte attività finalizzate all'ottimizzazione della tecnologia di gassificazione, trattamento e conversione del syngas, e successiva ottimizzazione del processo di cattura della CO₂ con metodi classici (ammine), sulla sua efficienza e sui consumi energetici legati alla rigenerazione dei solventi.
- sono stati effettuati primi test sperimentali relativi al processo di conversione di syngas (miscele di CO/H₂, in metano) su catalizzatori commerciali a base di rutenio. Il fine dell'attività è stato quello di approfondire e studiare le problematiche legate alla reazione di metanazione, e in particolare individuare le migliori condizioni di processo (pressione e temperatura). Parallelamente sono stati selezionati i catalizzatori più idonei, e messo a punto di un innovativo processo di "dry-reforming" per la rimozione del TAR.
- è stata realizzata una facility sperimentale (Impianto VALCHIRIA) per lo sviluppo di un innovativo processo di pirolisi e gassificazione separate, idoneo a carboni di basso rango. Sono stati condotti test sperimentali di

pirolisi, a supporto dell'attività che sarà condotta su VAL.CH.I.RI.A, al fine di comprendere in che modo le variabili di processo influenzano le prestazioni dello stesso, in termini di quantità prodotte e di qualità del gas ottenuto.

- in merito alla tecnologia Coal to Liquid per la produzione di combustibili liquidi da carbone, sono state eseguite analisi di sistema e valutazioni tecnico-economiche rispetto a possibili soluzioni alternative comprendenti interventi di cattura della CO₂ su effluenti gassosi a differente composizione. Parallelamente sono stati testati differenti catalizzatori della sintesi Fischer-Tropsch.
- Infine sul tema della cattura della CO₂ con sorbenti solidi basati su ossidi di calcio, questi ultimi sono stati testati anche in configurazioni di cattura post-combustione su fumi. È stato messo a punto in laboratorio un sorbente solido in grado di assicurare buone prestazioni di cattura fino ad oltre 1000 cicli di cattura/rigenerazione. Sono stati effettuati interventi di integrazione della piattaforma ZECOMIX, con l'approvvigionamento di una microturbina da 100 kWe, sono stati condotte significative campagne sperimentali di gassificazione e cattura della CO₂, come fasi al momento separate, ottenendo buone efficienze già in fase iniziale.

Tecnologie per l'ottimizzazione dei processi di combustione e di ossi-combustione

Le attività si sono articolate secondo due linee distinte: la prima relativa allo sviluppo di metodologie numeriche per la simulazione e la progettazione di componenti; la seconda relativa allo sviluppo di bruciatori innovativi per turbine a gas, operanti con syngas. Sul primo tema l'attività ha riguardato lo studio della combustione, in processi monofase e multifase, rivolto alla messa a punto di tecniche e modelli numerici, per simulazioni di tipo LES (Large Eddy Simulation), sviluppati all'interno del codice proprietario HeaRT, e in relazione allo sviluppo dei metodi di simulazione predetti, allo sviluppo di solutori per geometrie complesse. È stato sviluppato un nuovo modello di sottogriglia per Large Eddy Simulation per trattare l'interazione turbolenza/combustione in fiamme premiscelate, per lo studio delle fenomenologie di instabilità di combustione, l'individuazione di eventi precursori di instabilità e per la definizione di metodi di controllo di processo di tipo attivo o passivo. In merito al secondo tema, è stato ottimizzato il progetto di un bruciatore Trapped Vortex operante con syngas e gas naturale, caratterizzato da alta stabilità ed efficienza, per turbina a gas di tipo innovativo. Sono stati altresì progettati e realizzati interventi migliorativi ad un bruciatore per turbo-gas commerciale, finalizzati all'ampliamento della "load-flexibility". I risultati ottenuti sono estremamente positivi.

Cicli energetici ad alta efficienza "capture ready"

Sono stati studiati teoricamente cicli turbogas non convenzionali, caratterizzati da elevata efficienza, operanti con miscele comburenti di tipo CO_2/O_2 , e quindi, in riferimento alle tecnologie CCS, "capture ready". A tal fine sono stati realizzati interventi per la messa in esercizio dell' impianto sperimentale AGATUR (Advanced GAs Turbine Rising), destinato al test di tali cicli in condizioni di bassa pressione. È stato sviluppato di un modello dinamico del comportamento della turbina a gas alimentata con miscela $\text{CO}_2/\text{O}_2/\text{CH}_4$. Sono state effettuate simulazioni CFD della combustione di $\text{CO}_2/\text{O}_2/\text{CH}_4$, nel bruciatore della microturbina dell' impianto AGATUR.

Tecnologie per la rimozione permanente della CO_2

L'attività, attinente al tema centrale del sequestro definitivo della CO_2 , di tipo geologico, chimico o connesso al suo utilizzo, si è articolata in tre linee di ricerca: realizzazione e sperimentazione di una rete di monitoraggio geochimico della CO_2 ed elaborazione di linee guida per la progettazione di una generica rete di monitoraggio; utilizzo o alternativo fissaggio chimico della CO_2 ; attività di advisor nazionale per le tecnologie di Cattura e Sequestro della CO_2 . La rete di monitoraggio ha per obiettivo la misura diretta al suolo e all'interno di pozzi, delle concentrazioni e del flusso di CO_2 , CH_4 e di altri parametri di interesse (quali temperatura, umidità, pH, Eh, concentrazioni in falda, etc). La finalità è quella di definire le variazioni naturali dei valori di flusso e/o di concentrazione nei suoli della CO_2 prodotta da processi biologici (background o baseline) quali termini di riferimento per l'individuazione di eventuali fughe di CO_2 profonda. Parallelamente a metodi di indagine più tradizionali, sono stati messi a punto metodi di analisi isotopica del carbonio e/o del radiocarbonio, tipicamente di tipo off-line, per la caratterizzazione delle condizioni baseline e post iniezione. È stato realizzato un piccolo dimostrativo (impianto FENICE) per il test e la messa a punto del processo di idrogenazione della CO_2 , per produzione di combustibili e chemicals.

ATTIVITÀ 2014

Il programma è articolato in due parti, una parte A, che include attività svolte esclusivamente da ENEA. e una Parte B che prevede attività svolte, sia da ENEA sia da Sotacarbo, presso il Polo Tecnologico per il Carbone Pulito,

Parte A - Attività ENEA

In questa parte del progetto viene affrontato lo studio di soluzioni impiantistiche avanzate e innovative, sia in termini di prestazioni energetiche che ambientali, puntando alla loro dimostrazione su scala laboratorio o pilota, trattandosi di soluzioni per il medio-lungo periodo.

Tecnologie innovative per la cattura della CO₂ in pre-combustione, con produzione di combustibili gassosi

Sorbenti solidi avanzati per cattura della CO₂ ad alta temperatura

L'attività è stata dedicata alla qualificazione sperimentale di un innovativo ciclo di de-carbonatazione e clean-up del syngas (da zolfo e tar) basato sull'uso di sorbenti solidi ad alta temperatura (CaO, Calcium Looping). Sono stati studiati in laboratorio sia materiali adsorbenti di origine naturale, che materiali sintetici, sempre a base di CaO, più resistenti e stabili in operazioni che prevedono un certo numero di cicli di separazione della CO₂ (cattura/rigenerazione). Il ciclo di assorbimento è stato sperimentato quindi sulla Piattaforma ZECOMIX. Sono stati eseguiti test su scala pilota della fase di gassificazione ottimizzando la produzione del syngas in vista della successiva decarbonizzazione.

Ciclo di pirolisi e gassificazione

Il ciclo di pirolisi e gassificazione è studiato ed ottimizzato sulla piattaforma VAL.CH.I.RI.A. Il processo consiste in una prima fase di produzione del syngas basato su devolatilizzazione/pirolisi del carbone, abbattimento del tar (mediante craking termico e catalitico) e dello zolfo. Ciò determina la produzione di un char di qualità per la successiva gassificazione. Le prove eseguite hanno confermato la versatilità del reattore di pirolisi a tamburo rotante utilizzato e la rispondenza tra dati analitici e sperimentali.

Tecnologie per l'ottimizzazione dei processi di combustione

In questa linea è stato affrontato da un lato lo sviluppo di un strumento di calcolo per la simulazione dei processi di combustione e la progettazione di componenti, dall'altro sono stati studiati interventi atti a ampliare la "fuel flexibility") e la "load flexibility" di bruciatori convenzionali di turbogas. Per quanto riguarda quest'ultima, è stato effettuato lo sviluppo concettuale e la validazione numerica di un nuovo bruciatore ibrido (trapped vortex/premiscelato) per turbogas basato sulla generazione di una zona di ricircolo periferica per l'ancoraggio della fiamma. Tale bruciatore rappresenterà una soluzione "Plug & Play" per l'integrazione nel complesso sistema di combustione di turbine a gas di potenza "heavy duty", di tipo commerciale. Il sistema permetterà il raggiungimento di elevate prestazioni di "load-flexibility", al fine di rendere un sistema, equipaggiato con questo tipo di bruciatori, idoneo all'integrazione in un rete caratterizzata da una forte componente energetica da fonti rinnovabili. Nell'ambito di questa linea è proseguita, inoltre, l'attività di caratterizzazione sperimentale del bruciatore Trapped Vortex progettato e realizzato nel corso delle precedenti annualità. Sul bruciatore, installato sull'impianto MICOS di ENEA, è stata condotta un'ampia campagna sperimentale attraverso l'uso di trasduttori di pressione e sensori ottici ODC. La sperimentazione ha portato alla definizione di un indice che consente di predire con largo anticipo l'insorgenza di instabilità e quindi alla progettazione di un

modello di uso generale in grado di identificare fenomeni precursori dell'instabilità, indipendentemente dalla tipologia di bruciatore investigata.

Cicli a ossi-combustione di CH_4 in CO_2

Obiettivo finale di questa linea è di sviluppare un ciclo Brayton-Joule in configurazione semichiusa che utilizza CO_2 supercritica come fluido di lavoro, alimentato mediante ossi-combustione di metano. La prima fase di questo programma prevede una serie di esperienze effettuate, in condizioni sub-critiche, con l'ausilio dell'impianto sperimentale AGATUR, di cui la micro-turbina a gas (

□GT) Turbec T

sono stati condotti interventi di adeguamento dell'impianto e realizzata una modellazione termodinamica finalizzata alla caratterizzazione del sistema, con l'obiettivo primario di ottenere uno strumento in grado di fornire indicazioni utili alla progettazione della facility in corso di completamento e alla definizione preliminare delle prove sperimentali.. Il modello, realizzato nelle precedenti annualità, è stato validato con i dati ottenuti dalle acquisizioni effettuate nel corso di alcune prove appositamente predisposte. Alla fase di taratura è seguita una prima serie di simulazioni volte alla previsione del comportamento della microturbina quando viene sottoposta alla variazione continua del fluido di lavoro, ottenendo una prima valutazione delle variabili di riferimento per il controllo del processo.

Utilizzo della CO_2 per produzione di combustibili

Le esperienze condotte dall'ENEA in tema di utilizzazione della CO_2 hanno permesso di acquisire adeguate conoscenze che permettono un aumento di scala nell'approccio alla conversione di CO_2 in metano. Nel corso dell'annualità l'impianto FENICE è stato completato in ogni sua parte e reso operativo. L'impianto consente di trattare fino a 200 NL/h di CO_2 e di ottenere una equivalente quantità di metano. È stata eseguita una prima serie di prove volte a validare i risultati ottenuti in laboratorio che hanno consentito di valutare l'influenza di alcune variabili di processo (pressione, flusso di gas) sull'efficienza di conversione.

Parte B. Attività presso il Polo Tecnologico del Sulcis

Le attività svolte sono relative a tecnologie con un orizzonte applicativo nel breve-medio termine e che vengono su facility di prova installate presso la società SOTACARBO ed in ENEA.

Cattura della CO_2 in post e pre-combustione, con produzione di combustibili gassosi

Sono state eseguite attività di modifica e integrazione di alcune sezioni dell'impianto pilota e di quello dimostrativo installati presso Sotacarbo. Sono stati, quindi, condotti test preliminari per verificare la funzionalità dei sistemi costituenti gli impianti, a seguito delle modifiche e integrazioni effettuate, e

successivamente è stata avviata la sperimentazione. Nello specifico sono state eseguite le seguenti prove:

Sull'impianto pilota sono stati eseguiti:

- test preliminari e sperimentazioni per ottimizzare il processo di gassificazione, utilizzando le sezioni di gassificazione, pulizia gas, desolforazione a freddo I stadio dell'impianto.
- test di cattura della CO₂ sia in post-combustione che in pre-combustione. In nel caso della cattura post-combustione sono stati svolti test preliminari e sperimentazioni per ottimizzare il processo mediante l'impiego di solventi liquidi a base di ammine. Mentre per lo studio della cattura della CO₂ in pre-combustione è stata utilizzato il reattore a bolle posizionato lungo la linea a caldo, utilizzando ammina quale solvente, e la sezione di rigenerazione delle ammine per poter analizzare il funzionamento a ciclo continuo del sistema di assorbimento-rigenerazione.

I test di gassificazione effettuati, nel corso della campagna sperimentale sviluppata sull'impianto dimostrativo della piattaforma Sotacarbo, hanno permesso di: collaudare a caldo l'impianto dimostrativo, verificare il funzionamento del gassificatore da 5 MWt e studiare il processo di gassificazione con un combustibile misto di cippato di legno e carbone Sulcis. I primi dati sperimentali raccolti hanno portato alle seguenti conclusioni:

- il gassificatore ha mantenuto durante tutto il test un profilo termico costante e tipico di un gassificatore a letto fisso *up-draft*
- la qualità del syngas è stata buona con un potere calorifico inferiore di circa 4,2-4,5 MJ/kg
- il syngas prodotto si è dimostrato essere molto costante durante tutto il test sperimentale

Tecnologie innovative per la cattura della CO₂ in pre-combustione, con produzione di combustibili gassosi e liquidi

Tecnologie avanzate di gassificazione presso impianto GESSYCA

Sono proseguite le attività sperimentali avviate nella scorsa annualità, legate allo sviluppo e caratterizzazione del processo di gassificazione e dei sistemi di separazione della CO₂ da syngas con ammine. L'attività sperimentale è stata condotta presso l'impianto GESSYCA (GEneratore Sperimentale di SYngas da Carbone) di ENEA. Le attività si sono sviluppate focalizzando l'attenzione sulla qualità del syngas prodotto, alla luce in particolare degli interventi migliorativi introdotti sul gassificatore di tipo *up-draft*, e sul definire le modalità di conduzione dell'impianto. I primi test a caldo hanno visto l'accensione del gassificatore e una prima verifica di tutta la componentistica e dei sistemi di misura. Sono state valutate le prestazioni del processo di gassificazione e la reattività dei vari combustibili. In parallelo sono proseguite le attività di

coordinamento e collaborazione con Sotacarbo relative alla sperimentazione condotta sugli impianti della Piattaforma Pilota, a supporto dei test di gassificazione e di quelli relativi alla separazione della CO₂ da syngas.

Sperimentazione relativa alla produzione SNG da CO e CO₂: metodi innovativi per la purificazione dal TAR e sintesi di nuovi catalizzatori

Il processo di produzione di SNG (da carbone mediante il processo di metanazione richiede ancora importanti innovazioni e sviluppi in termini di miglioramento dell'efficienza energetica e minimizzazione dell'impatto ambientale. In questa linea sono state svolte attività di modellazione ed analisi di sistema volte ad individuare i processi e le configurazioni di impianto più innovativi ed efficienti, prevedendo una diversa disposizione della sezione di cattura, e diversi trattamenti del syngas. Altre attività hanno riguardato la messa a punto di metodi innovativi per la purificazione del gas dal suo contenuto in tar. A tal fine è stato sviluppato e testato un impianto su scala di laboratorio, costituito da un reattore di gassificazione diviso in due stadi, uno stadio di pirolisi e uno di gassificazione del char, che permettono di rendere il processo autotermico, seguito da un reattore di reforming catalitico che assicura la decomposizione del tar in prodotti leggeri. L'abbattimento del tar viene effettuato in due step, un primo stadio di abbattimento avviene direttamente nel reattore di pirolisi, facendo passare i gas attraverso un letto di char e l'ultima fase di decomposizione del tar avviene nello stadio di reforming, dove sono stati utilizzati catalizzatori a base Ni-Co/Ce supportati su Al₂O₃. I risultati ottenuti indicano abbattimenti pari al 90% che corrisponde ad una percentuale di tar in uscita con il syngas di circa il 2% in peso rispetto alla biomassa alimentata. È stato sviluppato, sintetizzato e provato in laboratorio un nuovo catalizzatore per la sintesi del metano da CO₂. Sono stati analizzate due classi di ossidi nanostrutturati, il primo costituito da NiO puro e da campioni NiO CeO₂ (NiCe) ed il secondo costituito da campioni NiO Fe₂O₃ (NiFe). I catalizzatori della serie NiCe, hanno mostrato valori di conversione maggiori di quelli ottenuti sui catalizzatori del sistema convenzionale NiAl (conversione CO₂ ≥ 60 mol%, per contenuti di Ni intorno al 2%p).

Cattura della CO₂ in Ossi-Combustione

L'attività si inserisce nel Protocollo di Intesa in cui è previsto lo sviluppo di una tecnologia avanzata di ossi-combustione pressurizzata, con la realizzazione di un impianto pilota di potenza inferiore a 50 MWt da installare nell'area del Sulcis. Sono stati sviluppati una serie di studi preliminari alla realizzazione del progetto e di alcune delle apparecchiature che saranno installate nell'impianto pilota di ossi-combustione; particolare attenzione è dedicata alla sezione preliminare di studio di caratterizzazione delle correnti di input ed output al combustore ISOTHERM, che rappresenta l'elemento principale dell'impianto. Sono state individuate le principali caratteristiche delle miscele acqua-carbone

da utilizzare in alimentazione e la composizione dei fumi di combustione per la definizione delle successive fasi di trattamento. Nel corso dell'attività sono state confrontate differenti soluzioni tecnologiche per la produzione di slurry, valutandone gli effettivi limiti applicativi, individuando le più idonee per affidabilità e precisione. Altre attività hanno riguardato la progettazione di una sezione di recupero di acido solforico da fumi di ossi-combustione, le attività svolte hanno riguardato in particolare lo studio e la progettazione di una sezione in scala micro pilota di desolforazione dei fumi di combustione e congiunta produzione di acido solforico. Nell'ambito di questa linea ENEA ha intrapreso attività finalizzate allo sviluppo di sistemi diagnostici per il monitoraggio e il controllo del processo di combustione. Sono stati messi a punto dispositivi per la misura del contenuto di ossigeno nei fumi post-combustione e valutata la possibilità di utilizzo di sistemi ottici non invasivi per la misura della temperatura nei fumi all'uscita dal combustore (1200-1600°C) e il monitoraggio dello stato funzionale del reattore.

Monitoraggio e storage della CO₂

Le attività di questa linea si pongono come obiettivo il completamento della caratterizzazione del bacino del Sulcis come potenziale sito di stoccaggio dell'anidride carbonica.

Raccolta delle informazioni, ricostruzione critica delle attività pregresse e rilievo geostrutturale

Gli studi effettuati hanno riguardato la raccolta delle informazioni disponibili sull'assetto geologico dell'area, una ricostruzione critica delle attività pregresse svolte nell'area in studio e l'elaborazione di dati e risultati del rilievo geologico-strutturale effettuato. Tutti i dati sono stati raccolti e sintetizzati in un ambiente 3D mediante il software Move della Midland Valley.

Procedure autorizzative, richieste concessioni per attività di ricerca e prospezione

Sono state raccolte le informazioni sul territorio in esame, per un maggiore grado di definizione del modello geologico dell'area, necessarie alla formulazione di ipotesi concrete di applicabilità dello stoccaggio della CO₂. Sono state quindi richieste delle autorizzazioni per l'accesso alla zona in cui verranno effettuate le ricerche, installate le stazioni di raccolta, eseguiti i prelievi. Il permesso di ricerca è stato richiesto per un'area "Monte Ulmus" di circa 5600 ettari per una durata di tre anni.

Analisi geofisiche e caratterizzazione baseline dell'area del bacino del Sulcis

È stata studiata la sismicità di fondo dell'area carbonifera del Sulcis, attraverso la definizione della baseline della sismicità naturale dell'area. La rete sismica installata è costituita da tre stazioni sismiche temporanee, equipaggiate con strumentazione ad alta dinamica e sensibilità, con sensori che registrano il

moto del suolo nelle tre dimensioni. Le stazioni sono alimentate da batterie ricaricate da pannelli fotovoltaici.

Sperimentazione di una rete fissa e mobile di monitoraggio geochimico nell'area del bacino del Sulcis

Oggetto di questa attività è la caratterizzazione geochimica del bacino carbonifero del Sulcis, con attività di monitoraggio continuo e discontinuo superficiale e in pozzi, e la caratterizzazione geologicostrutturale dell'area attraverso l'analisi e la mappatura delle faglie e delle zone di fratturazione superficiale delle formazioni appartenenti al "reservoir", al fine di ricostruire la "permeabilità" ai gas dei suoli. Sono state eseguite attività di monitoraggio dei gas provenienti dal suolo in differenti siti situati nel bacino minerario del Sulcis. La rete di monitoraggio fissa esistente è stata potenziata con installazione di nuove stazioni multiparametriche. ENEA ha effettuato il monitoraggio discontinuo dei gas da suolo in singolarità (faglie) avvalendosi di una stazione mobile, per misure di concentrazioni e flussi di CO₂, acqua e temperatura, basata su un analizzatore all'infrarosso NDIR. I dati ottenuti vanno ad integrare quelli già acquisiti dalla Carbosulcis e permettono di migliorare le informazioni sulla "baseline" di emissioni naturali di CO₂.

Nel periodo 2012-2014 ENEA ha partecipato agli Implementing Agreement "Clean Coal Centre" e "Gas and Oil Technologies" dell'IEA, alla piattaforma tecnologica europea ZEP (Zero Emission Fossil Fuels Power Plants), al CCS-EII Team, Iniziativa Industriale Europea per la cattura, trasporto e stoccaggio della CO₂ del SET Plan e, come coordinatore nazionale, ad EERA (European Energy research Alliance) per le tecnologie CCS.

3.2.7 Nucleare da fissione: collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare

ATTIVITÀ 2012

LINEA PROGETTUALE 1: COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

L'ENEA ha garantito il supporto al Ministero dello sviluppo economico per il coordinamento della partecipazione nazionale a progetti e accordi internazionali nel campo del nuovo nucleare da fissione. La partecipazione ha interessato sia le principali iniziative riguardanti i reattori veloci di quarta generazione, sia i gruppi di lavoro di NEA, IAEA, GNEP, INPRO, EURATOM, ecc., dedicati allo studio di problematiche tecniche e scientifiche di carattere generale sull'uso dell'energia nucleare. Sono stati condotte inoltre indagini e studi relativi all'incidente nucleare di Fukushima e sulle modalità e significatività degli stress test approvati dall'ENSREG, nonché un'analisi relativa allo stato di avanzamento dei reattori EPR in costruzione in Europa e Cina. Nell'ambito dell'accordo con IRSN (istituto per la sicurezza nucleare francese) sono proseguite le attività sul tema della simulazione di reattori nucleari ad acqua in pressione ai fini della

valutazione della sicurezza di impianto. La collaborazione, iniziata nel 2011, verte in particolare sullo sviluppo del simulatore SOFIA in fase di sviluppo presso l'IRSN. L'ENEA ha collaborato al miglioramento del modello dell'edificio di contenimento per la configurazione del simulatore SOFIA a 4 loop da 1300 MWe basata su codice CATHARE 2. Nel quadro dell'accordo con il CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) sono proseguite le attività nel campo della progettazione impiantistica nucleare. La collaborazione si è incentrata su temi legati allo sviluppo dell'impianto sperimentale Jules Horowitz Reactor (JHR) in costruzione a Cadarache (Francia). Sono state svolte attività che hanno riguardato le simulazioni neutroniche e termoidrauliche a supporto della progettazione di alcuni canali sperimentali del reattore JHR e studi preliminari per la strumentazione e i sistemi di controllo per la sicurezza di impianti sperimentali nel reattore. È stato esplorato infine lo stato dell'arte sulla tecnologia dei reattori di piccola taglia di tipo modulare (Small Modular Reactor, SMR), che può rappresentare una concreta opzione sostenibile nel contesto del dopo-Fukushima. Lo studio effettuato ha prodotto una rassegna aggiornata delle principali offerte presenti sul mercato e sui progetti di ricerca in corso.

LINEA PROGETTUALE 2: STUDI DI SICUREZZA SUGLI IMPIANTI NUCLEARI

In questa linea progettuale sono state condotte sia attività, già sviluppate nelle precedenti annualità dell'Accordo di Programma, relative a reattori attuali ed innovativi (SMR), sia nuove attività legate alle problematiche emerse dall'analisi dell'incidente di Fukushima. Nello specifico le attività svolte hanno riguardato:

- Acquisizione e validazione di strumenti di analisi per la valutazione della sicurezza degli impianti nucleari. Queste attività, inquadrare principalmente nell'ambito di accordi di collaborazione bilaterale con le organizzazioni francesi CEA ed IRSN e con la US-NRC (United States Nuclear Regulatory Commission) hanno permesso all'ENEA di dotarsi di codici e piattaforme di calcolo avanzati ed acquisire le necessarie competenze per il loro utilizzo.
- Studio, sviluppo ed applicazione delle corrette metodologie per lo studio della sicurezza in reattori attuali ed innovativi. In particolare le analisi di sicurezza condotte nelle precedenti annualità sono state ampliate ed approfondite tenendo conto delle verifiche sugli impianti attualmente in operazione rese necessarie a valle dell'incidente di Fukushima
- Progettazione preliminare di simulatori ingegneristici di impianto sia per le tipologie di reattore operative in Europa da utilizzare in sistemi integrati di gestione di eventuali emergenze, sia focalizzati sui reattori evolutivi attesi come risposta all'evento di Fukushima tenendo conto degli studi a livello internazionale sulle implicazioni progettuali e gestionali di tale incidente
- Attività sperimentali a supporto degli studi di sicurezza, che hanno

compreso sia la progettazione/ realizzazione di impianti per la qualificazione di sistemi e componenti innovativi, sia l'esecuzione di prove sperimentali per la validazione della modellistica.

- Studi di sicurezza relativi ai depositi di rifiuti radioattivi. Sono state effettuate indagini sulle problematiche connesse alla sicurezza dei depositi di smaltimento dei rifiuti radioattivi sia superficiali che geologici, sulle tecniche di monitoraggio per la sorveglianza dei depositi stessi e sulle tecniche innovative di caratterizzazione radiologica e di condizionamento dei rifiuti ad essi destinati.

LINEA PROGETTUALE 3: REATTORI DI IV GENERAZIONE

Progettazione di sistema

La progettazione di sistema ha riguardato essenzialmente l'implementazione di modelli di calcolo per la termoidraulica, la neutronica e la cinetica spaziale di nocciolo. Per la simulazione termoidraulica di reattori refrigerati a piombo si è lavorato sull'ottimizzazione e l'estensione dell'utilizzo del codice di calcolo FEM-LCORE. È proseguito lo sviluppo di un codice di neutronica e termoidraulica accoppiate finalizzato all'analisi cinetica spaziale di un nocciolo LFR (Lead-cooled Fast Reactor). È stata avviata una sistematica attività di validazione e di sviluppo del codice ERANOS e il suo utilizzo sulla base della metodologia GPT (Generalized Perturbation Theory) per calcoli perturbativi generalizzati. Per il reattore DEMO-LFR è stata realizzata una nuova concettualizzazione del nocciolo, giungendo alla configurazione AFRODITE (Advanced lead-cooled Fast Reactor Oriented to the Demonstration of Innovative Technologies).

Materiali strutturali e fabbricazioni

Considerato che uno dei maggiori punti deboli dei sistemi LFR è l'individuazione di appropriati materiali strutturali, si è promosso un cambio di strategia per il reattore DEMO-LFR, che prevede l'utilizzo di materiali strutturali già qualificati per applicazioni nucleari in reattori veloci e lo sviluppo di sistemi di protezione contro la corrosione in piombo. Attualmente l'acciaio di riferimento per la guaina del combustibile è il 15-15 Ti mod (Si), sviluppato e qualificato dal CEA per i reattori a sodio. Per incrementare le caratteristiche di resistenza alla corrosione si sono sviluppati e realizzati ricoprimenti di Fe-Al, Fe-Cr-Al, TiN mediante tecnica PVD (Physical Vapor Deposition). Per lo sviluppo di rivestimenti protettivi per materiali strutturali è stata acquisita una macchina per la Detonation Spray, che permette di realizzare, accoppiata alla tecnica PVD, coating multilayer. Nell'ambito delle attività di progettazione di elementi di combustibile innovativi per sistemi LFR si è reso necessario associare alle attività progettuali anche studi approfonditi di fabbricabilità delle soluzioni proposte. In quest'ambito è stata ad esempio elaborata una specifica tecnica relativa allo studio di fattibilità di alcuni dettagli di elementi di combustibile.

Termoidraulica del refrigerante

Sono state condotte attività di caratterizzazione di generatori di vapore (GV) prototipici per sistemi refrigerati a piombo. Considerando la soluzione proposta per l'impianto DEMO-LFR ALFRED, che prevede l'utilizzo di tubi a baionetta a doppia parete con interposta intercapedine conduttiva, si è realizzata una serie di analisi parametriche sulle prestazioni del sistema. Le simulazioni realizzate hanno supportato la progettazione della facility HERO (Heavy liquid metal - pressurized water cooled tube facility), impianto sperimentale che ospiterà il tubo a baionetta del GV di ALFRED per le fasi di sperimentazione in piombo. Nell'ambito delle attività di caratterizzazione del prototipo di scambiatore per la rimozione del calore di decadimento da 800 kW installato sull'impianto a metallo liquido pesante CIRCE in configurazione ICE (Integral Circulation Experiment, CR ENEA Brasimone), sono state realizzate diverse sessioni sperimentali. Sono state realizzate prove a piena potenza con lo scopo di ottenere informazioni utili in termini di portata di refrigerante (metallo liquido), accoppiamento termico fra sorgente termica e pozzo di calore, prestazioni del sistema di controllo della chimica del refrigerante, prestazioni di componenti prototipici. Si sono poi realizzate simulazioni sperimentali di alcuni scenari incidentali relativi ai sistemi LFR (perdita di portata di circolazione, perdita dell'acqua di refrigerazione), ottenendo utili informazioni e dati per la comprensione e l'analisi del comportamento incidentale di tali sistemi. Si è, infine, provveduto alla progettazione, realizzazione e installazione dell'impianto a piombo denominato HELENA. L'impianto sarà utilizzato anche per prove di scambio termico e perdite di carico in fuel pin bundle refrigerati a piombo in regime di circolazione forzata.

Analisi di sicurezza

Per il controllo della chimica del refrigerante è di fondamentale importanza disporre di un sistema di regolazione e controllo del tenore di ossigeno disciolto e quindi di sonde a ossigeno che ne permettano il monitoraggio nel metallo liquido. Si è quindi provveduto a progettare e realizzare sonde per piombo basate sulla tecnologia delle celle elettrolitiche a ossido di zirconio. Ai fini della valutazione degli incidenti severi che portano al danneggiamento del combustibile, sono stati condotti studi relativi all'interazione tra il combustibile e il refrigerante. Relativamente al rilascio e migrazione dei prodotti di fissione si è identificata un'apposita metodologia per la valutazione del tasso di rilascio dei prodotti di fissione dal combustibile irraggiato di un sistema LFR, che prevede l'utilizzo di un metodo di analisi statistico basato su codici Monte Carlo, accoppiato con codici di fuel-pin performance basati su modelli semi-empirici. Sono stati infine analizzati numericamente possibili scenari incidentali sui sistemi LFR (perdita di integrità del nocciolo, perdita di refrigerazione, parziale congelamento del sistema primario, valutazione delle interazioni fluido-struttura

nei sistemi LFR) con l'obiettivo di identificare e supportare future attività di ricerca e sviluppo.

ATTIVITÀ 2013

LINEA PROGETTUALE 1: SVILUPPO COMPETENZE SCIENTIFICHE NEL CAMPO DELLA SICUREZZA NUCLEARE

Acquisizione, sviluppo e validazione di codici e metodi per studi ed analisi di sicurezza e sostenibilità

Le attività svolte in questa linea, in gran parte oggetto di accordi di collaborazione con gli enti francesi CEA e IRSN, hanno riguardato le diverse tematiche implicate nel funzionamento di un sistema estremamente complesso come un impianto nucleare: modellistica di base per la realizzazione di librerie di dati nucleari; codici di neutronica deterministici e Monte Carlo per l'analisi neutronica del reattore; piattaforme di calcolo avanzate con capacità "multi-scale" e "multiphysics" per la simulazione T/H dell'intero impianto e di specifici componenti; codici di calcolo, meccanicistici e integrali, per la valutazione delle conseguenze di incidenti gravi; modellistica per la valutazione del rilascio e della diffusione dei contaminanti radioattivi; metodi per la valutazione degli impianti nucleari sotto l'aspetto della resistenza alla proliferazione nucleare e degli aspetti tecnici ed economici di interfaccia safety-security.

Sviluppo di metodologie avanzate per la valutazione delle conseguenze incidentali in impianti nucleari

Sono state sviluppate metodologie avanzate per la valutazione delle conseguenze incidentali in impianti nucleari tenendo conto dell'evento di Fukushima Dai-ichi e delle risultanze degli stress test europei. In particolare si è operato per la realizzazione di una struttura di base finalizzata alla creazione di un sistema esperto a supporto delle valutazioni di sicurezza per i reattori europei, per l'applicazione di approcci di tipo probabilistico, deterministico e integrato (probabilistico-deterministico) per la sicurezza di reattori innovativi che tenga conto dell'affidabilità dei sistemi di sicurezza passivi.

Sperimentazione e calcolo in appoggio agli studi di sicurezza

Sono state svolte attività sperimentali e di studio a supporto della qualifica di sistemi, strumentazione e componenti innovativi e della validazione della modellistica per l'analisi incidentale di reattori innovativi. Queste attività sono state principalmente indirizzate al completamento dell'impianto integrale SPES-3 in corso di realizzazione presso la SIET e alla progettazione/realizzazione di campagne sperimentali in mock-up di componenti realizzati nel corso delle precedenti annualità.

LINEA PROGETTUALE 2: COLLABORAZIONE INTERNAZIONALE PER IL NUCLEARE DI IV GENERAZIONE

Le attività si sono focalizzate sulla tecnologia dei reattori a piombo a causa dell'interesse e della competenza espressa dall'industria Italiana e in virtù della rilevanza internazionale del parco di apparecchiature sperimentali presenti in ENEA: reattore TAPIRO per dati nucleari, impianti CIRCE, NACIE e HELENA per termoidraulica e qualifica componenti, e impianti per prove materiali in piombo.

Progettazione di Sistema e Analisi di Sicurezza

Il progetto di un sistema LFR di grande o di piccola taglia (ALFRED, SMR-Lead), deve rispondere ai tre requisiti fondamentali di sicurezza, sostenibilità ed economicità per essere accettato e attuato. Sono stati quindi approfonditi gli aspetti di sostenibilità, e tramite il reattore TAPIRO (ENEA) si sono avviati studi di dinamica neutronica in sistemi veloci. Si prosegue con le attività di concettualizzazione e progettazione del nocciolo del DEMO-LFR, e sono attivati studi e analisi di sicurezza sia sul sistema LFR che sul combustibile nucleare. Infine sono proseguite le attività di studio sul rilascio e migrazione dei prodotti di fissione in caso di scenari di "core degradation" e dell'interazione "fuel-coolant". Nel seguito sono sintetizzati alcune delle attività svolte. Per il riutilizzo del reattore TAPIRO, si è proceduto all'implementazione di attività di studio e installazione di componenti e strumentazione, per il suo utilizzo in ambito europeo ed internazionale come reattore di ricerca in supporto ai sistemi LFR. Sul reattore TAPIRO, il cui spettro neutronico si avvicina molto a quello di un reattore di IV generazione, si sono avviate prove di irraggiamento (a bassi dpa) su campioni di materiali strutturali ricoperti con coating prototipici. Obiettivo del lavoro è stato quello di far ripartire il reattore in una lunga campagna di irraggiamento materiali recuperando un minimo di efficienza del sistema, rivedendo le procedure e integrando la strumentazione necessaria allo scopo. Ad oggi il reattore è pienamente funzionante, gli irraggiamenti effettuati e le sue modalità di funzionamento riviste alla luce degli impegni futuri che la macchina andrà ad affrontare. Relativamente agli studi di dinamica sui sistemi LFR e SMR, il lavoro svolto ha permesso lo sviluppo di procedure per la generazione di una libreria dinamica di dati nucleari di base (sezioni d'urto) in funzione della temperatura, in vista del successivo accoppiamento della libreria medesima con la fase di calcolo dei transitori in sistemi LFR/ADS (e ADS SMR refrigerati a piombo). Si sono determinate sezioni d'urto efficaci rappresentative delle diverse regioni necessarie alla modellazione del nocciolo di ALFRED a partire dalle librerie elementari di dati nucleari JEFF-3.1, e si è prodotto un set di sezioni d'urto, valutate a diverse temperature rappresentative delle condizioni di funzionamento nominale ed incidentali, per un loro successivo utilizzo in codici di dinamica tridimensionale di nocciolo. Relativamente alla concettualizzazione del DEMO-LFR, il lavoro effettuato ha permesso la descrizione dei metodi e dei risultati della progettazione neutronica e della preliminare verifica termoidraulica del nocciolo di AFRODITE, ad integrazione e

completamento delle attività già avviate. Sono avviate attività di supporto alla progettazione del combustibile nucleare. Relativamente agli studi analitici su combustibili per reattori veloci refrigerati a metallo liquido, il lavoro svolto ha inteso offrire un contributo alla modellazione dei fenomeni accoppiati di rigonfiamento gassoso e rilascio di gas di fissione in combustibili nucleari a base di ossidi, con applicazione all'analisi termo-meccanica integrale (e, in definitiva, alla progettazione e al licensing) delle barrette di combustibile. Il lavoro ha visto lo sviluppo di un nuovo modello integrato per i suddetti fenomeni, fondato su un approccio ingegneristico orientato al compromesso pratico tra una descrizione fisica e i requisiti computazionali inerenti all'analisi integrale di barretta. Il modello è stato implementato con successo nel codice di performance TRANSURANUS e validato tramite confronto dei risultati con un ampio database sperimentale. Inoltre, è stata condotta una revisione critica degli approcci attualmente adottati in letteratura e nei codici di performance per la modellazione del rilascio dei gas di fissione e dell'elio in combustibili MOX, focalizzandosi in particolare sulle problematiche dovute al rilascio di elio. Quest'ultimo, infatti, può influenzare in maniera significativa la performance del combustibile in reattore, così come il suo comportamento in condizioni di stoccaggio a lungo termine. Relativamente al contributo prodotto nello sviluppo e alla qualifica di codici e metodi per l'analisi di sicurezza di reattori di IV generazione si sono realizzati due modelli RELAP5-3D di reattori veloci a piscina refrigerati a metallo liquido. Si sono poi svolti studi di "core compaction". Lo studio è stato articolato in una revisione dello state dell'arte, uno sviluppo di una metodologia deterministica, mediante l'implementazione di modelli 3D delle principali strutture caratterizzanti il reattore ALFRED, capace di simulare il fenomeno della "core compaction", e una valutazione preliminare delle deformazioni indotte nel "core region" dai fenomeni dinamici. La metodologia sviluppata si basa sull'approccio delle sottostrutture e fa riferimento agli effetti indotti dal terremoto base di progetto: questo evento incidentale è stato preso in esame poiché, come indicato anche in letteratura, è quello più pericoloso in relazione alle deformazioni che i carichi sismici possono causare sui sistemi, strutture e componenti del NPP, in particolar modo nei reattori a metallo liquido, che sono caratterizzati da elevate forze d'inerzia.

Materiali strutturali e fabbricazioni

In questa linea vengono analizzate differenti tecnologie di protezione dei materiali strutturali per verificarne l'applicabilità quando proposti per la realizzazione di guaine di combustibile per reattori refrigerati a piombo. Si tratta di tecnologie sviluppate da diversi centri di ricerca italiani che sono state qualificate sperimentalmente in condizioni simili a quelle operative. Sono stati sviluppati di sistemi multilayer per la protezione di materiali strutturali operanti in sistemi nucleari LFR, messe a punto tecniche di deposizione mediante ablazione laser o Pulsed Laser Deposition, caratterizzati coating mediante

irraggiamento ionico e materiali strutturali rivestiti con l'uso di prove meccaniche. Per quanto concerne gli studi di fabbricazione di componenti, è stata completata l'attività di progettazione della griglia spaziatrice per la realizzazione del mock-up di elemento di combustibile per reattore LFR in geometria esagonale (tipo ALFRED). Sono stati individuati i materiali per la scatola esagonale, per le barrette simulanti le guaine contenenti il combustibile e per la griglia spaziatrice, e sono state progettati e realizzati componenti delle attrezzature necessarie sia per coadiuvare/validare la progettazione effettuata, sia per eseguire alcuni passi del processo (piegature).

Termoidraulica del refrigerante.

La linea ha carattere teorico-sperimentale e viene condotta con gli impianti di prova (NACIE, CIRCE, HELENA) del centro Brasimone. Nell'ambito dell'implementazione del laboratorio di termofluidodinamica dei metalli liquidi pesanti, è stato progettato e realizzato uno scambiatore di calore prototipo con tubi a baionetta a doppia parete (HERO - Heavy liquid metal - pressurized water cooled tube) da installare nella facility CIRCE presso il C.R. Brasimone. Lo scambiatore di calore, di potenza kW, rappresenta un simulatore in scala 1:1 sulle geometrie, e 1:75 in potenza, del generatore di vapore del DEMO-LFR ALFRED. Si è inoltre completata la caratterizzazione sperimentale del prototipo di DHR da 800 kW installato sull'impianto a metallo liquido pesante CIRCE in configurazione di prova ICE (Integral Circulation Experiment), verificandone prestazioni e affidabilità in diverse condizioni operative. Inoltre nell'ambito delle stesse prove sperimentali realizzate si è potuto investigare le prestazioni del sistema primario di un sistema LFR (scala 1 MW) in regime di circolazione forzata e circolazione naturale, investigando in dettaglio la transizione tra convezione forzata e circolazione naturale tipica di un evento di station-blackout. Sono state realizzate infine prove di long-term station blackout (*like Fukushima*), verificando le attitudini del sistema LFR a sopportare eventi incidentali gravosi. I dati ottenuti non solo permettono di valutare i fenomeni termoidraulici tipici di un sistema a piscina) ma permettono di disporre dati sperimentali utili alla validazione di codici di calcolo quando applicati in sistema a piscina refrigerati a metallo liquido pesante. L'esperimento CIRCE, unico nel suo genere, permette a ENEA e al sistema Industriale italiano di disporre della più importante infrastruttura di ricerca a livello mondiale per la caratterizzazione sperimentale di sistemi LFR. Ancora nell'ambito della termoidraulica dei sistemi liquidi, si è proceduto come pianificato alla installazione e collaudo (presso il CR ENEA Saluggia) del prototipo di generatore di vapore a spirale piana realizzato nella precedente annualità, qualificandone le prestazioni in termini di scambio termico e robustezza termo-meccanica. L'attività ha dimostrato la fattibilità del generatore di vapore a tubi a spirale piana e suggerito importanti miglioramenti progettuali per il GV destinato al reattore LFR. Nell'ambito delle attività di ricerca e sviluppo tese al supporto dei

sistemi LFR e SMR refrigerati a piombo, si è provveduto al completamento della infrastruttura di ricerca a metallo liquido pesante HELENA, presso il C.R. Brasimone. L'impianto, che sarà ampiamente utilizzato per la caratterizzazione dei materiali strutturali per metalli liquidi pesanti in ambiente a basso tenore di ossigeno, e per la caratterizzazione dello scambio termico in fuel pin bundle prototipici in regime di circolazione forzata, si inserisce nella attività di ricerca e sviluppo che ENEA realizza in ambito europeo. Per gli studi di scambio termico in fuel pin bundle prototipici in regime di circolazione naturale o mista, si è avviato l'upgrade dell'impianto NACIE. Il circuito NACIE-UP, una volta ultimato, consentirà di provare la refrigerabilità dell'elemento di combustibile di MYRRHA in condizioni incidentali e di ottenere informazioni sulle temperature di guaina e sui coefficienti di scambio termico.

ATTIVITÀ 2014

LINEA PROGETTUALE 1: SVILUPPO COMPETENZE SCIENTIFICHE NEL CAMPO DELLA SICUREZZA NUCLEARE

Acquisizione, sviluppo e validazione di codici e metodi per studi ed analisi di sicurezza e sostenibilità

Le attività svolte in questa linea, in gran parte oggetto di accordi di collaborazione con gli enti francesi CEA e IRSN, e americano USNRC, riguardano le diverse tematiche implicate nel funzionamento di un sistema estremamente complesso come un impianto nucleare: modellistica di base per la realizzazione di librerie di dati nucleari, studi di modelli per il calcolo di sezioni d'urto, aggiornamento di librerie di decadimento per il calcolo dell'attivazione dei materiali sottoposti ad irraggiamento neutronico, codici di neutronica deterministici e Monte Carlo per l'analisi neutronica del reattore, piattaforme di calcolo avanzate con capacità "multi-scale" e "multiphysics" per la simulazione T/H dell'intero impianto e di specifici componenti, analisi di pre- e post-test a supporto di programmi sperimentali per la validazione dei codici ICARE/CATHARE e ASTEC, verifica dei progressi nell'affidabilità della risposta dei codici integrali ASTEC e MELCOR per la valutazione delle conseguenze di incidenti gravi, modellistica per la valutazione del rilascio e della diffusione dei contaminanti radioattivi metodi per la valutazione degli impianti nucleari sotto l'aspetto della resistenza alla proliferazione nucleare ed agli aspetti tecnici ed economici di interfaccia safety-security.

Metodi per verifiche di sostenibilità

Sono state sviluppate metodologie avanzate per la valutazione delle conseguenze incidentali in impianti nucleari tenendo conto dell'evento di Fukushima Dai-ichi e delle risultanze degli stress test europei. In questa seconda annualità è continuata l'attività di ricerca impostata nel 2013 con particolare attenzione alla raccolta di coefficienti e parametri integrali per il calcolo "fast" del termine sorgente in reattori LWR, allo studio integrale di sequenze BDBA su

reattori di tipo PWR, selezionati tra quelli presenti in prossimità delle nostre frontiere, al calcolo e valutazione della sequenza incidentale nell'unità 1 della centrale di Fukushima Dai-ichi, al proseguimento e finalizzazione delle procedure per la realizzazione di un database esperto, alla verifica di fattibilità di una catena di calcolo fast-running, supportata da studi di sensitivity & uncertainty con l'uso del codice DAKOTA, all'applicazione di approcci di tipo probabilistico e deterministico per la stima del rischio di eventi incidentali esterni (vedi Fukushima).

Realizzazione di attività sperimentali e di studi a supporto degli studi sulla sicurezza.

In questa annualità, le attività sono state indirizzate principalmente alla fase conclusiva degli studi di fattibilità e valutazione costi di una nuova configurazione della facility integrale SPES3, allo studio per la sperimentazione di un sistema per la rimozione del calore residuo e alla validazione e verifica della risposta dei codici CATHARE2 e TRACE con riferimento al programma sperimentale SPES2. Si sottolinea che la partecipazione, consentita dall'AdP, alle iniziative e piattaforme Europee come SNETP (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform) ed ESNII (European Sustainable Nuclear Industrial Initiative) per la definizione di una strategia europea sulla produzione economica, sicura e sostenibile dell'energia nucleare, ha permesso all'ENEA di essere presente in diversi progetti europei del VII Framework Program EURATOM, indirizzati allo sviluppo/validazione di strumenti e metodi innovativi per l'analisi della sicurezza negli impianti nucleari, tra cui si ricordano i da poco conclusi progetti PHEBUS, SARNET2, CP-ESFR, GOFAST_R, SARGEN-IV e quelli ancora attivi, quali CESAM, JASMIN e NURES SAFE.

LINEA PROGETTUALE 2: COLLABORAZIONE INTERNAZIONALE PER IL NUCLEARE DI IV GENERAZIONE

Progettazione di sistema e analisi di sicurezza

A supporto della progettazione del nocciolo LFR e all'utilizzo del reattore TAPIRO, nella precedente annualità si è provveduto allo sviluppo e la validazione del modello Monte Carlo dettagliato del reattore. Questo modello è stato utilizzato come strumento di progettazione di esperienze in supporto alle attività Generation IV sui Reattori Veloci a Piombo. Si è quindi provveduto alla progettazione di una facility per misure di trasporto neutronico in piombo nel reattore TAPIRO. E' stata eseguita la validazione della metodologia di calcolo perturbativo GPT implementata nel codice ERANOS attraverso il confronto con i risultati ottenuti con metodi diretti, è stata avviata un'attività avente come scopo la validazione e integrazione di una procedura di calcolo già esistente (modulo MECCYCO) per calcoli perturbativi lineari nel campo dei nuclidi e l'implementazione delle procedure di calcolo per calcoli perturbativi nel campo non-lineare neutroni/nuclidi. La progettazione del nocciolo del DEMO LFR, è

stata finalizzata all'individuazione e all'analisi di possibili soluzioni alle criticità dell'attuale progetto di nocciolo, così come evidenziate da una preliminare revisione critica del progetto stesso, per compilare una lista di opzioni e raccomandazioni da utilizzare nell'impostazione di una nuova fase di progettazione del nocciolo di tale reattore. Per studi preliminari di tecniche di monitoraggio del nocciolo di ALFRED è stato effettuato uno studio di tecniche di monitoraggio del nocciolo volto alla valutazione della possibilità di inserire rivelatori neutronici all'interno del vessel di ALFRED, in prossimità del nocciolo, col duplice scopo di monitorare il livello integrale di flusso neutronico quando il reattore opera in regime di potenza, dando così un segnale ridondante a quello del sistema tradizionale di rivelatori posti ex-vessel, tipicamente impiegato nei reattori veloci; mappare la distribuzione spaziale del flusso neutronico, per rivelare prontamente possibili distorsioni di questo, dunque comandare - ove necessario - l'intervento del sistema di protezione del reattore prima che siano superati i limiti di sicurezza del nocciolo. Sono stati approfonditi gli studi sul rilascio e migrazione dei prodotti di fissione allo scopo di effettuare una stima di grandezze termodinamiche necessarie per effettuare una prima valutazione della composizione del sistema combustibile-refrigerante all'equilibrio termodinamico mediante un codice basato sulla minimizzazione dell'energia libera di Gibbs. A tale scopo sono stati utilizzati due diversi approcci: quello basato sui metodi semi-empirici è risultato di più diretta applicazione, mentre quello basato sul metodo DFT (Density Functional Theory) ha consentito di ottenere risultati, finora, solo in fase gas.

Materiali e fabbricazioni

Sono stati qualificati i rivestimenti messi a punto nelle annualità precedenti attraverso caratterizzazioni meccaniche, prove di ciclaggio termico, prove di diffusione isoterma e prove di irraggiamento. Riguardo agli acciai strutturali per applicazioni nucleari, grande interesse assumono gli acciai doppio stabilizzati (Ti, Nb) che hanno dimostrato grande stabilità al rigonfiamento e alla deformazione anelastica. Sono state effettuate prove di corrosione in piombo stagnante, in primo luogo sono stati analizzati diversi campioni di acciai ricoperti con tecnica PVD. I ricoprimenti (TiN, FeAl e FeCrAl) sono stati realizzati dal CSM (Centro Sviluppo Materiali, Roma). I substrati ricoperti sono gli acciai 15-15Ti(Si), AISI316L e T91. L'analisi è stata effettuata per valutare la qualità del ricoprimento prima di effettuare prove di corrosione in piombo liquido. In secondo luogo, due campioni di acciaio austenitico 15-15Ti(Si) nudo e due campioni di 15-15Ti(Si) ricoperto con TiN sono stati esposti in piombo liquido in condizioni di alto ossigeno disciolto alla temperatura di 550°C e per 2000 ore, analizzando la composizione della matrice metallica. La scelta di utilizzare gli acciai ricoperti con TiN è dovuta al fatto che, fra tutti i ricoprimenti prodotti mediante PVD, il TiN è risultato il più omogeneo e compatto dall'osservazione al SEM.

Termoidraulica del refrigerante

Nell'ambito dell'implementazione del laboratorio di termofluidodinamica dei metalli liquidi pesanti, è stato progettato e realizzato uno scambiatore di calore prototipo con tubi a baionetta a doppia parete (HERO - Heavy liquid metal - pressurized water cooled tube) da installare nella facility CIRCE presso il CR Brasimone. La sezione di prova, installata sull'impianto CIRCE, è concepita per essere uno strumento di supporto allo sviluppo del generatore di vapore di ALFRED e alla validazione di codici principalmente di tipo termoidraulica di sistema grazie ad una accurata selezione della strumentazione. Nell'ambito dell'implementazione del laboratorio di termofluidodinamica si è inoltre avviato un filone di ricerca sull'investigazione analitico-sperimentale dell'interazione metallo liquido/acqua per la caratterizzazione di generatori di vapore per sistemi LFR, in sinergia con progetti europei quali LEADER e MAXSIMA del VII Programma Quadro Euratom, a cui l'ENEA partecipa attivamente. L'attività consiste nella progettazione delle prove sperimentali di interazione su larga scala tra leghe di piombo ed acqua in pressione, anche mediante modifiche ed adeguamenti dell'impianto CIRCE ed una definizione delle condizioni operative. La metodologia di calcolo accoppiata tra codici di sistema - codici CFD (in particolare tra RELAP5 e Ansys Fluent) sviluppata sempre nell'ambito dell'Accordo di Programma, è stata utilizzata per la simulazione di un test sperimentale in circolazione naturale eseguito sull'apparecchiatura sperimentale NACIE. La simulazione effettuata riproduce il transitorio descritto sia mediante l'uso del codice di sistema RELAP5 sia mediante l'applicazione della metodologia di calcolo accoppiata RELAP5\Fluent. I risultati ottenuti sia dal calcolo RELAP che dal calcolo accoppiato confrontati con quelli sperimentali hanno mostrato un buon accordo.

3.2.8 Attività di fisica e tecnologia della fusione nucleare complementari ad ITER

Il progetto include studi e ricerche all'interno dell'accordo "Broader Approach" negoziato tra Europa e Giappone, da svolgere parallelamente alla sperimentazione di ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) e finalizzate ad accelerare lo sviluppo di energia da fusione. Il progetto comprende una serie di attività sia di fisica che di tecnologia che prevedono: la realizzazione di componenti per la macchina tokamak JT-60SA; la progettazione e realizzazione di prototipi per la sorgente di neutroni IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility); lo sviluppo di materiali nell'ambito del progetto di IFERC (International Fusion Energy Research Center).

ATTIVITÀ 2012

Macchina Tokamak JT-60SA

Sono state avviate le azioni necessarie alla costruzione delle nove bobine di campo toroidali. Sono stati acquisiti i materiali costituenti la bobina e progettate e acquisite le attrezzature per la sua realizzazione (linea d'avvolgimento, attrezzature di movimentazione, bancali di composizione, stampo di impregnazione della bobina, camere da vuoto per prove sul conduttore e sulla bobina completa). In parallelo sono state iniziate le attività realizzative delle bobine di contenimento ed emessi gli ordini di acquisto dei materiali costruttivi. È stato completato lo sviluppo dei disegni costruttivi relativi ai componenti di assemblaggio della cassa di contenimento della bobina e prodotto un programma di qualifica dei processi di fabbricazione con lo sviluppo di mock-up e di prototipi a piena scala. L'ENEA ha inoltre condotto studi e la progettazione preliminare per la realizzazione dei sistemi di Switching Network Unit per l'ottenimento di commutazione di corrente sugli avvolgimenti delle bobine del trasformatore centrale della macchina JT-60SA. Sono state avviate le azioni necessarie alla loro realizzazione. Infine sono stati condotti gli studi e la progettazione di alimentatori AC/DC e relativi trasformatori, per gli avvolgimenti poloidali e di controllo della macchina JT60SA.

Attività per IFMIF (International Fusion Energy Research Center).

In quest'ambito vengono svolte attività relative alla progettazione del target di IFMIF, un componente su cui fluisce litio liquido ad alta velocità, attività riguardanti la corrosione/erosione e la purificazione del litio e la dimostrazione delle operazioni di manutenzione remota. Nel corso della precedente annualità era stata completata la progettazione ingegneristica del target assembly con backplate rimovibile a baionetta, che costituisce il concetto europeo di target, alternativo a quello integrale sviluppato dal JAEA, per l'EVEDA Lithium Test Loop (ELTL) di Oarai in Giappone. Nel 2012 le attività hanno riguardato:

- l'integrazione del target assembly con la sua struttura di contenimento (Target Test Cell) progettata dal KIT (Europa) e con il circuito a litio (lithium loop) progettato dal JAEA (Giappone);
- avanzamento e miglioramento del modello di target assembly esistente, a partire dalla configurazione sviluppata nel corso del 2011.

Presso il centro di Oarai è in fase di realizzazione un impianto a litio fluente avente l'obiettivo di validare sperimentalmente il progetto del circuito litio della macchina IFMIF. ENEA partecipa alla sperimentazione e ha il compito di fornire sia il sistema di misura delle impurezze che quello per il rilevamento del fenomeno di cavitazione, la cui realizzazione risulta completata.

Attività per il Programma IFERC (International Fusion Energy Research Center)

In quest'ambito ENEA ha il compito di studiare le proprietà meccaniche e chimico-fisiche dei compositi ceramici in SiC/SiC e di sviluppare un'analisi di modello in grado di simulare ed interpretare le prove meccaniche sul materiale. E' stata eseguita la caratterizzazione fisico/meccanica del composito ceramico SiC/SiC ed è stata progettata e realizzata una camera sperimentale per prove ad alta temperatura (1000-1200 °C) dei campioni di SiC/SiC in litio-piombo per applicazioni fusionistiche. Parallelamente alle attività svolte nel quadro dell'Accordo Broader Approach sono stati condotti studi relativi all'esperimento di fusione FAST che ha lo scopo di preparare gli scenari operativi di ITER. Sono stati effettuati i calcoli strutturali del sistema magnetico, la camera da vuoto e il criostato, ed eseguita l'analisi del sistema di raffreddamento della macchina e del sistema di remote handling.

ATTIVITÀ 2013

Macchina JT-60SA

Nel 2013 è stato eseguito il completamento di 6 doppi pancake per la composizione dell'avvolgimento della prima bobina toroidale e l'approvvigionamento e l'installazione degli impianti di integrazione per l'assemblaggio finale delle bobine. Gli impianti di integrazione consistono in:

- sistema di impregnazione e attrezzature di contenimento e riscaldamento per il processo di impregnazione nella cassa;
- impianto per la finitura della bobina dopo il processo di impregnazione;
- impianto di movimentazione e posizionamento della bobina e dei componenti della cassa;
- saldatrici TIG e impianto di saldatura dedicato alla saldatura finale della cassa.

Lo sviluppo delle bobine toroidali è stato accompagnato dalle attività per la realizzazione dei componenti meccanici per la composizione delle casse di contenimento, per le quali sono stati ottimizzati i procedimenti costruttivi, definiti i trattamenti superficiali e adottate tecniche per la mitigazione degli stress residui. Sono stati completati i programmi di qualifica dei processi speciali e realizzati i componenti necessari alla composizione di tre casse di contenimento. In questo ambito prove meccaniche eseguite sui materiali della cassa hanno evidenziato criticità per l'uso di questi componenti a temperature criogeniche. Relativamente allo sviluppo dei 4 Switching Network Unit (SNU) per la commutazione rapida della corrente delle bobine del solenoide centrale è stata completata l'ingegnerizzazione e la selezione dei componenti industriali e lo sviluppo dei disegni di fabbrica. E' stata completata la costruzione del primo SNU durante la quale sono state eseguite le prove intermedie per la verifica di funzionamento dei sottoassiemi elementari. E' stata aggiudicata la gara per la

realizzazione di otto alimentatori AC/DC e sei trasformatori per gli avvolgimenti poloidali e di controllo rapido del plasma della Macchina JT-60SA. E' stata eseguita la selezione dei componenti industriali di 6 alimentatori per le bobine poloidali e 2 alimentatori di controllo e il dimensionamento esecutivo dei trasformatori.

Progettazione e qualifica ingegneristica del target IFMIF

Campagna sperimentale dei sistemi di monitoring online per la misura delle impurezze in litio e per i fenomeni di cavitazione per l'impianto EVEDA di Oarai (Giappone) e costruzione del bersaglio a baionetta.

Nel corso del 2013 i sistemi di monitoraggio forniti da ENEA per l'impianto EVEDA di Oarai (Giappone) sono stati spediti in Giappone dove saranno installati. Si tratta di un sistema di misura della resistività elettrica (resistivity meter) che permette di determinare la quantità di azoto disciolto in litio e di un sistema di rilevamento del fenomeno di cavitazione. Inoltre sono state eseguite attività per lo sviluppo dell'acceleratore prototipo IFMIF Plant in Rokkasho (Giappone).

Campagne sperimentali a breve-medio termine per corrosione/erosione da litio

L'ENEA ha progettato e realizzato un nuovo impianto a litio, denominato LiFus6, con cui si intende testare diversi provini di Eurofer 97 e F82H. Sono stati completati i test d'accettazione dei componenti meccanici, la progettazione e la realizzazione del sistema di controllo e acquisizione dati d'impianto.

Validazione del sistema di purificazione del litio e calibrazione del sistema di monitoring online per misura delle impurezze in litio per l'impianto LiFus6

È stata sviluppata la procedura per la purificazione del litio nell'impianto LiFus6 e del sistema di monitoring online di tali impurezze.

Forniture ed implementazioni comuni per sviluppo e qualifica di sistema di manipolazione remotizzata del target di IFMIF

Nel periodo di riferimento sono stati realizzati i prototipi del Target Assembly in scala reale e di una porzione della test cell che lo ospita. Il prototipo del target di IFMIF è stato semplificato considerando in dettaglio soltanto le parti rilevanti ai fini della attività di manutenzione. In particolare sono stati realizzati in modo accurato le interfacce del sistema, la posizione del centro di massa, il sistema di tenuta e i meccanismi di connessione. Il prototipo della sezione delle test cell invece è stato realizzato con l'obiettivo di eseguire le operazioni di manutenzione in un ambiente il più vicino possibile a quello reale in termini di geometria e spazi disponibili. In questo ambito è stato sviluppato un nuovo tipo di giunzione (Fast Disconnecting System), per connettere il target assembly alle tubazioni dell'impianto a litio. Sul prototipo sono stati eseguiti i primi test di remote handling. Infine è stato completato il progetto del sistema di sollevamento e posizionamento del bersaglio rimovibile e del Target Assembly.

Forniture ed implementazioni comuni per progettazione completa di target assembly per IFMIF

Il lavoro di progettazione del target si è principalmente incentrato sui seguenti aspetti:

- ottimizzazione del modello esistente, a partire dalla configurazione già sviluppata nel PAR 2011, adeguando il numero di soffietti, migliorando la rilevazione di fughe di litio e rendendo più efficace il sistema di presa e ancoraggio del TA e della backplate.
- valutazioni numeriche dettagliate per: analisi neutronica, termomeccanica e termoidraulica del target mediante qualificati codici numerici.

Attività IFERC (International Fusion Energy Research Center)

Sono stati sviluppati e caratterizzati materiali compositi ceramici in matrice e fibra di carburo di silicio per l'utilizzo come componenti funzionali e strutturali. Sono stati realizzati pannelli di diverso spessore e tubi di piccolo diametro oltreché prismi cavi a sezione quadrata. Tali elementi saranno soggetti a lavorazione meccanica per l'ottenimento di componenti da utilizzare nel forno destinato alla caratterizzazione ad alta temperatura del composito ceramico SiC/SiC in litio-piombo.

FAST il nuovo esperimento satellite europeo

Sono stati fatti sostanziali progressi nell'elaborazione delle basi fisiche e nella progettazione della macchina allo scopo di ridurre il carico termico specifico sul divertore. In particolare, la cooperazione tra ENEA, CREATE e LTCalcoli, con le rispettive differenti competenze, ha permesso di condurre in dettaglio, lo studio delle topologie magnetiche innovative "Snow Flake" (SF) e "Super-X (SX)" e dei relativi adattamenti richiesti alla macchina FAST, evidenziandone limiti e vantaggi sia fisici che tecnologici. È stata eseguita la progettazione, con relative verifiche strutturali, di un innovativo concetto di divertore che permetterebbe un confronto diretto (sullo stesso esperimento) tra una configurazione magnetica con X point standard e con una configurazione (denominata "Snow Flakes") che, in teoria, potrebbe risolvere il problema del power exhaust su un reattore a fusione.

ATTIVITÀ 2014

Macchina JT-60SA

La fabbricazione delle bobine del sistema magnetico toroidale di JT-60SA prevede l'esecuzione di tre passi fondamentali: avvolgimento del conduttore sulla forma a D per formare il doppio pancake; impilaggio dei doppi pancake e nastratura contromassa; impregnazione e prove di accettazione finali. Nel corso dell'annualità le attività di fabbricazione sono proseguite portando alla realizzazione di due avvolgimenti della bobina toroidale e l'inserimento di questi

nelle casse di contenimento per i primi due moduli di magneti completi. Riguardo la realizzazione delle strutture di contenimento bobine toroidali JT-60SA, sono state eseguite le realizzazioni di componenti ed assiemi per la costruzione delle casse contenenti le bobine. In particolare è stato eseguito il completamento dei componenti ricavati da laminati necessari alla composizione di 15 casse e due gomiti nel nuovo materiale forgiato. Tutte le attrezzature per la fabbricazione e trasporto delle nove bobine sono state acquisite. Nel corso del 2014 sono state collaudate presso gli stabilimenti ASG di Genova le ultime attrezzature relative all'inserimento della bobina nella cassa e l'attrezzatura di embedding. Sempre nell'ambito della realizzazione di componenti per la macchina JT-60SA, ENEA è responsabile della fornitura delle alimentazioni elettriche del sistema magnetico, per un totale di 8 alimentatori ad alta corrente con associati 6 trasformatori e 4 Switching Network Unit. Completata l'ingegnerizzazione degli SNU, è stata realizzata una SNU prototipo e provata riproducendo le condizioni operative dell'impianto JT-60SA presso il Centro ENEA di Frascati. In particolare, alcune prove sono state effettuate a piena corrente (20 kA) e piena tensione (5 kV). Relativamente alla realizzazione degli alimentatori dei magneti poloidali di JT-60SA, sono stati sviluppati i disegni di fabbrica/layout, disegni meccanici e funzionali, schemi elettrici di potenza, protezione, misure, comando e controllo dei sistemi di alimentazione. I trasformatori sono stati poi realizzati e sottoposti a campagne di test di cortocircuito e di ciclo termico basato sulla misura della temperatura negli avvolgimenti secondari.

Progettazione e qualifica ingegneristica del target IFMIF

Sono state condotte due campagne sperimentali per il rilevamento dei fenomeni di cavitazione sull'impianto EVEDA Lithium Test Loop (ELTL) di Oarai (Giappone). In entrambe le campagne per la misura della cavitazione sono stati utilizzati i sistemi CASBA progettati dall'ENEA. Altre attività hanno riguardato forniture ed implementazioni comuni per sperimentazioni della corrosione/erosione per IFMIF. È stato completato l'impianto Lifus 6, destinato alla effettuazione delle prove di corrosione-erosione da litio fluente (installazione di supporti di ancoraggio al telaio, dispositivi antivibrazione, sensori di livello del litio, trasduttori di pressione, sensori di perdita di litio e vaschette di raccolta per eventuali perdite, cavi scaldanti e termocoppie, campionatore sulla trappola calda, linea gas argon per movimentazione litio e linea aria compressa per attivazione valvole pneumatiche; coibentazione finale) ed il sistema di acquisizione dati. Il funzionamento di tutti i dispositivi installati è stato verificato, individualmente e poi nel suo complesso attraverso specifiche routine, riempiendo l'impianto con argon fino alla temperatura operativa. Per quanto riguarda le forniture ed implementazioni comuni per la qualifica sperimentale del sistema di purificazione litio per IFMIF, è stata sviluppata e validata sperimentalmente una procedura di analisi offline del litio per la

quantificazione delle impurezze di azoto. L'ultima attività riguarda le forniture ed implementazioni comuni per sviluppo e qualifica del sistema di manipolazione remotizzata del target di IFMIF. Sono state effettuate simulazioni grafiche del processo di manutenzione remotizzata del TA al fine di realizzare i modelli dei dispositivi di remote handling, ancora mancanti, la simulazione e ottimizzazione delle procedure di manutenzione del target assembly di IFMIF e una stima dei tempi d'intervento per la manutenzione del TA. Nell'ambito delle attività di progettazione del target assembly, e in particolare della simulazione del suo comportamento termomeccanico, è stato sviluppato un modello tridimensionale agli elementi finiti che riproduce l'intera geometria del sistema.

Attività IFERC

FN, sotto la supervisione di ENEA, ha realizzato componenti densificati tramite tecnologia CVI e diverse attività tese all'ottimizzazione delle procedure sviluppate nelle precedenti annualità. Le attività sperimentali si sono concentrate sulla realizzazione di tubi e prismi a sezione quadrata in SiC/SiC, con particolare attenzione sulla procedura di formatura delle preforme. Sono stati progettati e realizzati sistemi di stampo/controstampo e di avvolgimento meccanico delle tele per ottenere le caratteristiche richieste e rendere il processo ripetibile. In parallelo sono stati condotti studi su deposizione di coating di SiC impermeabile all'idrogeno e collegamento non meccanico tra SiC/SiC e acciaio.

FAST il nuovo esperimento satellite europeo

L'attività di ricerca riguarda l'analisi del problema del power exhaust e del suo smaltimento su componenti metallici in EAST basato su soluzioni FAST-like, in vista della sua applicazione a JT60-SA. In particolare le attività si sono concentrate sullo studio del power exhaust e dell'interazione tra centro e bordo del plasma in EAST e FAST e poi sullo sviluppo della configurazione di plasma di tipo "Snow-Flake" FAST-like per EAST. La seconda parte delle attività ha riguardato lo studio preliminare delle soluzioni di sostituzione da remoto del divertore e della prima parete in EAST, basato su soluzioni FAST-like. In particolare grande attenzione è stata rivolta alla progettazione di componenti affacciati direttamente al plasma, come prima parete (FW) e divertore, per ragioni di movimentazione remota e carichi termo-strutturali.

3.2.9 Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi

L'obiettivo del progetto di ricerca consiste nello sviluppo di strumenti e metodi, che mirano al miglioramento di tecnologie ad alta efficienza energetica, allo scopo di stimolare nel mercato la circolazione di prodotti più performanti.

ATTIVITÀ 2012

Etichettatura Energetica ed Ecodesign: sviluppo di specifiche, implementazione e controllo di mercato

L'attività si è focalizzata sullo sviluppo ed il controllo della legislazione europea sull'etichettatura energetica e i requisiti minimi di efficienza energetica per i nuovi prodotti (cioè beni e servizi che consumano energia nella fase d'uso o che hanno influenza sul consumo di energia quando installati), con particolare riferimento allo schema di etichettatura delle asciugatrici per uso domestico, di forni e piani cottura elettrici, per gli apparecchi e gli impianti per la produzione di acqua calda sanitaria e la climatizzazione invernale. Per i piccoli apparecchi sono state modificate le proposte di etichettatura preparate dalla Commissione nel 2011 e per gli apparecchi del settore non domestico sono in discussione varie proposte, in particolare per le pompe di circolazione dell'acqua. L'ENEA ha supportato sin dal 2010 la creazione di una rete di laboratori sul territorio nazionale per le verifiche di conformità previste dalla legislazione comunitaria; a tale scopo è stato realizzato e diffuso un questionario per raccogliere le informazioni sulla capacità di prova e le caratteristiche dei laboratori per i test sulle lavatrici.

Sviluppo di strategie ottimali di gestione delle reti termiche

Sono state studiate le potenzialità di riduzione dei consumi energetici dei sistemi di poligenerazione e delle reti energetiche locali. Si è considerato il mix dei due sottosistemi elettrici e termici, a servizio di un agglomerato urbano, al quale possono essere connessi sistemi di poligenerazione distribuita di piccola taglia, combinando fonti rinnovabili elettriche (FV, piccolo eolico) e termiche (collettori solari) con tecnologie per la cogenerazione diffusa. Partendo dai risultati ottenuti con lo sviluppo della piattaforma di simulazione ODESSE (sviluppata nelle precedenti annualità) si è implementato un modello capace di riprodurre la richiesta energetica oraria di un sistema multi-edificio connesso, tramite appositi modelli di rete elettrica e termica locale, agli impianti di generazione in assetto generazione distribuita. Sono stati simulati diversi scenari che hanno evidenziato il beneficio in termini energetici e ambientali indotto dal passaggio dal sistema autonomo alla rete termica.

Sviluppo di modelli per il contenimento dei consumi energetici nel sistema edificio-impianti connesso ad una rete complessa

Le attività di questa linea di ricerca sono inquadrare nell'ambito della simulazione di una rete termica per la quale si è reso necessario approfondire lo sviluppo del modello di edificio per tener conto della possibilità (molto frequente nella realtà) di valutare le prestazioni e i consumi energetici di edifici che presentano delle zone in cui i carichi sono notevolmente differenti fra loro o per destinazione d'uso o per orientamento. È stato sviluppato il modello multizona del solo edificio senza impianti ed è stata effettuata una serie di

valutazioni comparate con software commerciale (TRNSYS). Infine, l'attività si è concentrata sul tema della climatizzazione dei centri di calcolo alla luce della considerazione che i costi degli impianti di raffreddamento e del trattamento dell'aria sono una quota importante dei costi di gestione che le imprese operanti nell'ambito delle telecomunicazioni devono sostenere.

Sviluppo di un nuovo sistema per il controllo completo della strada, "smart Street"

È stata sviluppata una metodologia di regolazione adattiva e automatica del flusso luminoso per massimizzare risparmi energetici e comfort. Il sistema si presta particolarmente per arterie veicolari o pedonali cittadine dove il consumo elettrico per l'illuminazione è molto significativo e la regolazione ha un ruolo critico nel salvare grandi quantità di energia.

Sviluppo e qualificazione di nuove tecnologie per l'illuminazione pubblica (LED e OLED)

La ricerca sperimentale e la qualificazione di sistemi di illuminazione innovativa ha esaminato molti aspetti, soprattutto legati alla tecnologia LED e alle sue caratteristiche spettrali e di affidabilità, dal punto di vista teorico e sperimentale. Parallelamente è stato analizzato l'indice di resa cromatica, oggi non più sufficiente proprio in funzione della diversa emissione di luce dei LED rispetto alle sorgenti tradizionali, e sono stati valutati nuovi indici. Il concept del modulo e del sistema modulare proposti si allontanano completamente dal concetto di apparecchio monoblocco che ospita tutti gli elementi funzionali all'illuminazione (testa luminosa e componenti elettriche) all'interno di una scocca unica posta in testa al palo. Il design del modulo e del sistema modulare prevede la distinzione in più componenti o blocchi logici funzionali del sistema di illuminazione ("design by component") per ottenere un sistema riconfigurabile, flessibile, facilmente manutenibile e con una forma funzionale estremamente nuova rispetto alla tradizione.

Sperimentazione/dimostrazione in scala reale in un paese pilota

La sperimentazione/dimostrazione in scala reale si è svolta nel paese pilota di Marcallo con Casone (MI). In ottobre 2010 si è chiuso il bando per la progettazione e realizzazione di nuovi impianti di illuminazione in zone campione della città (piazza di pregio, parco, vie di traffico e rotonda). Dopo la valutazione delle proposte, il Comune ha deciso di realizzare l'impianto del tratto interno di via Roma, strada che porta da Magenta al centro storico di Marcallo. È stato eseguito il monitoraggio, con valutazioni circadiane, della sala Biblioteca Comunale, come esempio di interno pubblico. È stata effettuata una campagna sperimentale per la valutazione della luce dispersa verso l'alto di diverse soluzioni tecnologiche applicate alla stessa situazione di illuminazione stradale.

Progetto Lumière

Il progetto è dedicato alla diffusione dei risultati per la replicazione sul territorio della piattaforma tecnologica sviluppata, per facilitare e supportare le pubbliche amministrazioni nel programmare e realizzare interventi di efficientamento degli impianti d'illuminazione pubblica e nell'acquisire maggiore consapevolezza e competenza nella gestione energetica del territorio, attraverso un modello d'illuminazione pubblica efficiente. Quattro diversi pool operativi, costituiti da soggetti pubblici e privati, collaborano gratuitamente e volontariamente per promuovere l'efficienza energetica nell'illuminazione pubblica: Network dei Comuni, Network delle Esco, Produttori delle tecnologie, Promotori della Sostenibilità. Si è definita una metodologia per intervenire in modo costruttivo e operativo sul territorio, per coinvolgere le amministrazioni sia nell'individuare lacune e ostacoli riscontrati sia nell'elaborare proposte risolutive, siano esse tecnologiche, economiche, sociali ecc. Il sito del Progetto (www.progettolumiere.enea.it) è il punto di confluenza tra l'attività di Ricerca e quella di trasferimento e applicazione dei risultati conseguiti nel settore e tra le competenze tecnico-scientifiche e le problematiche connesse alle esigenze e difficoltà delle realtà applicative.

ATTIVITÀ 2013

Reti di poligenerazione

Le attività del si sono articolate in due task relativi, rispettivamente, allo sviluppo di strumenti per l'ottimizzazione dei consumi energetici del sistema edifici-impianti nella configurazione di distretto energetico, attraverso la modellazione dinamica dei carichi elettrici e termici e alla caratterizzazione di reti termiche distribuite. Il primo task ha avuto come risultato l'ampliamento di alcune funzionalità e potenzialità della piattaforma di simulazione di reti energetiche locali, in ambiente Matlab/Simulink, allo scopo di simulare un numero maggiore di utenze e nodi e modellare in maniera più realistica le microreti termiche. In questo modo attraverso una semplice interfaccia è possibile descrivere le caratteristiche termofisiche degli edifici sulla rete, inizializzando degli specifici parametri, che permettono di riprodurre meglio i comportamenti disomogenei delle situazioni reali. Quindi, la rete termica è stata arricchita con un mix di sorgenti energetiche basato sulla collaborazione di sistemi tradizionali programmabili (CHP, caldaia, pompa di calore) e sul supporto di sorgenti non programmabili (solare termico, Fotovoltaico). Su ciascuno delle architetture impiantistiche modellate è stata effettuata una campagna di simulazioni per verificarne la corretta integrazione e il funzionamento del sistema di controllo. Infine, è stato progettato un sistema distribuito di monitoraggio avanzato dei consumi energetici per la gestione delle reti con elevata presenza di fonti non programmabili; tale sistema è caratterizzato da un'ampia larghezza di banda (10kHz) e da protocolli di

comunicazione multi-vendor, multi-technology e multi-utility. Nel secondo task sono state analizzate le principali problematiche relative all'efficientamento delle reti di teleriscaldamento già esistenti allo scopo di individuare metodologie di gestione (produzione e prelievo) che permettono di aumentare la capacità di servizio delle attuali infrastrutture; inoltre, si è stato implementato nella piattaforma integrata il modello di rete di teleraffrescamento, e alcune architetture particolare per la climatizzazione estiva, in tutti i casi si è proceduto ad una estesa campagna di simulazione per la validazione della piattaforma.

Gestione ottimale di reti di edifici

L'attività svolta è stata finalizzata all'ampliamento di alcune funzionalità dello 'Smart Village Casaccia', quali il kit di misura ottimale per edifici con differente destinazione d'uso e la realizzazione di un piano di monitoraggio energetico-ambientale, con relativa implementazione del database contenete i dati raccolti e la loro analisi di qualità. In particolare, ENEA si è occupata direttamente delle implementazioni di funzionalità finalizzate al controllo ottimale, attraverso l'acquisto ed installazione di strumentazione dedicata, e dell'elaborazione automatica real-time dei dati di accesso al centro per risalire all'occupazione dei singoli edifici; tale attività, in particolare, ha riguardato l'implementazione real-time e la sperimentazione sull'edificio F40 delle logiche di diagnostica e controllo, sviluppate nelle annualità precedenti, al caso dell'illuminazione interna. ENEA, inoltre, ha investigato quali sono gli scenari attuali di 'active demand' ed sono state delineate le attività su quello che è stato scelto come modello di riferimento. E' stato sviluppato un simulatore semplificato dei consumi termici di una rete di edifici, affinché gli algoritmi di ottimizzazione sviluppati dall'Università di Roma Tre e le funzioni obiettivo sviluppate dal Politecnico di Torino potessero essere testati con uno strumento leggero, modulare e veloce che si potesse facilmente integrare in un ambiente di sviluppo standard (Matlab) allo scopo di ridurre gli stati di discomfort negli edifici. Infine, è stata condotta un'attiva diffusione dei risultati attraverso la partecipazione di ENEA a network internazionali e il supporto di Koba ed Università di Bologna, che hanno sviluppato degli strumenti a supporto della valutazione ed archiviazione di progetti "smart cities".

Sviluppo di prodotti efficienti per l'illuminazione

Il presente obiettivo ha riguardato linee di ricerca diverse, tutte mirate all'aumento dell'efficienza energetica e al contenimento dei consumi con l'illuminazione artificiale. La prima linea si è concentrata sullo studio dei materiali e dei componenti, base per costruire prodotti efficienti (con gli OLED). Il risultato è la sintesi di un materiale organico innovativo luminescente nella regione blu del visibile ed appartenente alla famiglia dei triazatruxeni (TAT), in particolare due nuovi isomeri. Tale materiale è stato caratterizzato dal punto di

vita spettroscopico e di stabilità termica. Sono state definite le condizioni di processo per depositare il materiale in forma di film sottile e successivamente sono stati fabbricati dispositivi OLED, utilizzando il TAT come materiale attivo in cui si genera la luce. E' iniziata la sperimentazione utilizzando uno dei due isomeri (TAT 1b), per cercare di identificare una struttura di dispositivo che presenta emissione blu con buone caratteristiche di intensità e di efficienza. I diversi tipi di dispositivi hanno funzionato tutti, con prestazioni in termini di efficienza ancora da ottimizzare. La seconda linea di ricerca è stata dedicata alla progettazione di prodotti efficienti e, in parallelo, a studi sulla risposta del sistema visivo umano agli stimoli spaziali e spettrali legati all'illuminazione, alla ricerca di una misura per quantificare la qualità e l'affidabilità di una sorgente di luce in dipendenza dell'applicazione e per comprendere l'influenza delle nuove sorgenti luminose sulle prestazioni cognitive. Sono stati sviluppati alcuni prototipi:

- COEELLO: un sistema di illuminazione modulare a LED per interni chiamato "COEELLO" (COMfortable, EFFicient Experiential Lighting for Office).
- HumbleBee: un innovativo sistema di illuminazione per ambienti interni che coniuga l'uso di apparecchi di illuminazione a fosfori remoti ed un sistema di controllo Smart wireless per la gestione dell'impianto di illuminazione.
- PLUS ME: è stata condotta la prototipazione industriale del prodotto PLUS ME da utilizzare per sperimentazioni, con base dissipatore in alluminio (fusione) e coppa in PMMA (termoformatura).

Inoltre è stata svolta un'attività di sperimentazione sulla resa dei colori legata al contesto, attraverso test di percezione visiva, che risulta particolarmente utile nell'individuazione di indici di performance per le nuove tecnologie di illuminazione. I primi risultati tati sembrano indicare che l'esposizione a un'illuminazione con uno spettro a elevata composizione spettrale nel blu, come le sorgenti a LED, migliora le prestazioni riducendo gli errori e permettendo multiple rappresentazioni mentali. La terza linea di attività ha avuto per oggetto lo sviluppo di azioni finalizzate a sperimentare e favorire la più ampia diffusione fra operatori economici e istituzioni di strumenti tecnico-procedurali mirati all'efficienza energetica nella pubblica illuminazione (Progetto Lumiere). Inoltre è stato sviluppato un tool software per la gestione dei dati inerenti gli impianti, supporta la programmazione degli interventi di riqualificazione energetica.

Tecnologie per l'industria del freddo

Il presente obiettivo si è articolato attraverso due linee di attività: sviluppo di un sensore (naso) elettronico per il monitoraggio della conservazione di ortofrutta in cella frigorifera e caratterizzazione di materiali PCM per la costruzione di celle frigorifere. Per quanto attiene al primo punto è stato allestito un laboratorio per la progettazione di array di sensori a basso costo al

fine di contenere i consumi energetici mediante il monitoraggio e controllo dell'atmosfera all'interno delle celle frigorifere. Sono state effettuate una serie di campagne preliminari di misura su diversi tipi di frutta fresca disponibili nel corso dell'anno utilizzando un naso elettronico commerciale, il PEN3 della Airsense, per ottenere le prime informazioni sulla tipologia di sensori da scegliere per l'array di sensori da sviluppare, il numero minimo di sensori utili per mantenere il contenuto informativo necessario a seguire lo stato di conservazione dell'ortofrutta, ed infine elaborare tempi e modalità di sampling dello spazio di testa della frutta che consentano un'analisi dei dati dei singoli sensori stabile e ripetitiva. Per quanto riguarda le risultanze sperimentali relative all'impiego di PCM sulle strutture sandwich si è osservato che appare sconsigliabile la dispersione di microgranuli di PCM all'interno dello strato isolante di poliuretano, in quanto per avere un effetto significativo in termini di sfasamento temporale dei flussi in entrata ed in uscita, si dovrebbe aumentare considerevolmente lo strato di poliuretano in modo che contenga la quantità sufficiente di PCM; appare più percorribile l'inserimento di uno strato omogeneo di PCM, opportunamente contenuto all'interno/esterno della struttura sandwich; appare consigliabile l'utilizzo di contenitori polimerici, sia per ragioni di peso che di compatibilità chimica, al posto di quelli metallici anche se costituiti da elementi leggeri e flessibili. Quanto riassunto è stato ben evidenziato dalle sperimentazioni effettuate da ENEA sia su pannelli frigoriferi convenzionali che su quelli su cui era stato applicato lo strato di PCM: le misure ultrasoniche effettuate sul pannello convenzionale non hanno messo in evidenza alcuna variazione strutturale del pannello stesso prima e dopo il test su tavola vibrante: le velocità trasmesse nei diversi punti sono risultate omogenee fra loro e confrontabili; al contrario le misure effettuate sul pannello rivestito con PCM sono risultate molto disomogenee fra loro, ciò si è ritenuto, in prima analisi, imputabile al fatto che il sistema di incollaggio tra le due parti sia risultato poco efficace.

ATTIVITÀ 2014

Reti di poligenerazione

Le attività svolte hanno riguardato lo sviluppo di strumenti per la simulazione e la progettazione di reti di poligenerazione, che potrebbero essere sfruttati da operatori del settore (ESCo, municipalizzate, ecc.) per rispondere ai requisiti imposti dalla normativa, oltre che incrementare la redditività economica e i risparmi energetici nella gestione di questi servizi. I risultati ottenuti per questo obiettivo sono:

- Indici per la valutazione delle prestazioni di reti energetiche in assetto poligenerativo e caratterizzazione mediante tali indici di varie topologie di reti reali e simulate mediante codici di calcolo dinamici.

- Analisi di soluzioni progettuali e gestionali che favoriscano l'implementazione di nuovi servizi energetici nelle reti termiche in presenza di sistemi di poligenerazione.
- Metodologia per l'individuazione del potenziale di applicazione e sviluppo delle reti di teleriscaldamento e di teleraffrescamento efficienti locali e su scala nazionale.

Gestione ottimale di reti di edifici

L'obiettivo della ricerca è stato quello di sviluppare una metodologia che permetta di supportare un gestore di una rete di edifici terziari (es: uffici, scuole, agenzie postali o bancarie, ecc..) e/o il gestore di uno "smart village" al fine di abbattere tutte le fonti di consumo energetico all'interno del village ed interagire con i fornitori energetici (elettrici o termici) per attuare politiche di controllo della domanda basate su una modellistica avanzata che non penalizzi il comfort dell'utente evitando quanto più possibile distacchi dalla rete.

L'approccio "building network management" può essere applicato su vasti stock di edifici (es: quartieri, città, territorio) anche non connessi tra loro ed in questo caso l'attenzione è focalizzata alla riduzione dei consumi ed alla gestione attiva della domanda. Quando si realizza la condizione di condivisione della rete termica (con presenza di generazione distribuita termica e/o elettrica) il modello si arricchisce della gestione ottimizzata dei sistemi di produzione locale della energia ed in questo caso si realizza la condizione dello "Smart District". L'attività svolta è stata finalizzata a:

- Estensione dei modelli diagnostici e di controllo ed applicazione alla rete di edifici.
- Sviluppo e validazione su simulatore di metodologie per active demand.
- Partecipazione ai network di ricerca europei.

Sviluppo di prodotti efficienti per l'illuminazione

L'attività di questa linea ha riguardato le seguenti linee di ricerca, tutte mirate all'aumento dell'efficienza energetica e al contenimento dei consumi con l'illuminazione artificiale (nella tabella seguente è riportato l'impegno di ENEA in ore di personale) :

- Sperimentazione con materiali TAT per OLED.
- Progettazione e sperimentazione di installazioni efficienti a LED.
- Progetto Lumiere: sviluppo del progetto Osservatorio e del tool di monitoraggio degli impianti riqualificati.

Tecnologie per l'industria del freddo

In tale contesto, le attività della linea si inseriscono nel contesto delle tecnologie dell'industria del freddo. Lo scopo di questa attività di ricerca è lo sviluppo di un sistema di monitoraggio automatico e regolazione delle condizioni di esercizio degli impianti frigoriferi per lo stoccaggio ed il trasporto refrigerato

dell'ortofrutta al fine di ottimizzare il consumo energetico e migliorare la qualità organolettica dell'ortofrutta. Le attività di ricerca si sono articolate su due direttrici: lo sviluppo di sensore elettronico capace di individuare il grado di deperibilità dei prodotti e, quindi, di ottimizzare le condizioni di esercizio, e l'individuazione di materiali di isolamento con migliori performance. I risultati ottenuti sono:

- Caratterizzazione mediante naso elettronico commerciale, dell'atmosfera interna della cella frigorifera caricata con ortofrutta fresca al fine dello sviluppo di un naso elettronico innovativo finalizzato al risparmio energetico.
- Individuazione delle caratteristiche costruttive ottimali di strutture multistrato contenenti Materiali a Cambiamento di Fase (PCM) per la realizzazione di celle frigorifere.

3.2.10 Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico

Il progetto è finalizzato allo sviluppo, realizzazione e verifica sperimentale di sistemi di accumulo di energia per applicazioni alle reti elettriche, con crescenti quote di fonti rinnovabili.

ATTIVITÀ 2012

Aggiornamento dell'Archivio dei Dati Climatici

Lo studio è volto a colmare alcune delle lacune esistenti nella normativa tecnica e nei documenti tecnici pre-normativi che ha contribuito fra l'altro alla costruzione dell'anno tipo ed all'aggiornamento della norma UNI 10349. Sono state affrontate le linee di attività brevemente descritte a seguire.

Edifici tipo - Indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio - Applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani

Le attività sono state volte per completare l'indagine statistica per la definizione di indici e livelli di consumo di edifici del parco immobiliare residenziale per diversi servizi energetici quali: riscaldamento, raffrescamento, consumi elettrici, a integrazione di quanto prodotto nelle precedenti annualità in cui si sono definite le destinazioni d'uso di scuole, alberghi, uffici, grandi magazzini ed edifici residenziali. L'obiettivo è quello di ampliare il quadro di riferimento e disporre di dati necessari per intraprendere successivi miglioramenti. Attraverso studi mirati all'ottimizzazione del sistema edificio-impianto, ci si è posti anche l'obiettivo di fornire al legislatore elementi di valutazione oggettivi in sede di redazione delle norme che implementino le direttive europee, in tema di usi finali dell'energia (quale la 31/2010/CE) e indirizzino le scelte programmatiche e strategiche per il raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico e riduzione delle emissioni dei gas serra. L'attività ha raggiunto l'obiettivo di definire gli indici e livelli di consumo di

edifici del residenziale per diversi servizi energetici quali: riscaldamento, raffrescamento, consumi elettrici. Lo studio ha consentito di ampliare il quadro di riferimento e di disporre di dati necessari per la redazione del futuro PAEE.

Sviluppo e sperimentazione di tecnologie e sistemi integrati intelligenti, per il controllo e la gestione dell'energia negli edifici del settore civile

La ricerca si è incentrata sulla valutazione dei consumi energetici, elettrici e termici, di un grande centro polifunzionale. Ne sono stati analizzati gli impianti e le destinazioni d'uso dei singoli complessi e definiti i profili di utenza in modo da poter individuare soluzioni per il miglioramento dell'efficienza energetica. È stata svolta un'analisi sull'impianto sportivo polifunzionale "Giulio Onesti" di cui sono stati presi in esame e analizzati i consumi energetici, elettrici e termici, delle singole zone di cui è composto il centro che è stato suddiviso per zone omogenee di destinazione d'uso e servizi.

Sviluppo e assessment di Cool Material per l'efficienza energetica e il controllo ambientale a scala urbana e di edificio

L'attività svolta riguarda la caratterizzazione sperimentale e numerica dei materiali semitrasparenti di facciata, per un'accurata valutazione delle prestazioni energetiche e illuminotecniche degli edifici includendo anche i componenti opachi, in particolare attraverso la valutazione dei benefici energetici e ambientali derivanti dall'utilizzo di rivestimenti a elevata riflessione solare. Le attività di ricerca si sono focalizzate sulla valutazione delle tecniche di mitigazione delle temperature a scala urbana e l'impatto sulle prestazioni dell'ambiente costruito. Particolare attenzione è stata posta ai fenomeni di invecchiamento dei materiali a elevata riflessione solare e alla riduzione delle prestazioni in opera, rispetto agli standard previsti. Sono state implementate metodologie atte a valutare l'intensità dell'isola di calore urbana, l'impatto energetico a larga scala, nonché tecniche di previsione del fenomeno, anche al fine di minimizzare i rischi per l'approvvigionamento energetico. È stata condotta un'analisi della letteratura scientifica che ha evidenziato come lo sporco di coperture aventi alta riflettanza possa comportare una sensibile riduzione del risparmio conseguito con l'utilizzo di cool material (per gli anni successivi al primo anno di installazione si è osservata una riduzione addirittura del 20%). Anche se esistono efficaci tecniche per ripristinare la riflettanza iniziale, interventi di pulizia della copertura non sono economicamente sostenibili al solo fine del risparmio energetico. Si è visto che la causa principale del decremento di riflettanza di cool material sono i depositi carboniosi dovuti a prodotti della combustione presenti nel particolato atmosferico.

ATTIVITÀ 2013

Le attività svolte hanno riguardato lo sviluppo di tecnologie e materiali innovativi (sistemi di controllo e regolazione, sistemi schermanti, materiali termo cromatici e a selettività spettrale) lo sviluppo di metodologie di diagnosi

energetica e di metodologie di valutazione degli interventi di recupero energetico di edifici pubblici. In particolare, sono state analizzate le possibili opzioni tecnologiche che consentono al settore edilizio di rispettare le disposizioni delle nuove direttive comunitarie in tema di efficienza energetica degli edifici che obbliga le nuove costruzioni realizzate dopo il 2018 per il pubblico e dopo il 2020 per tutti gli edifici ad essere ad "emissioni quasi zero". Sono state studiate e valutate anche le opzioni e i pacchetti di tecnologie che consentono di raggiungere l'obiettivo evitando incrementi significativi dei costi di costruzione, considerando anche i benefici in termini di risparmi energetici generati applicando tecnologie, sistemi e componenti avanzati e integrati per il controllo, gestione e regolazione degli impianti di condizionamento, elettrici e illuminazione. Le attività hanno riguardato:

Applicabilità di tecnologie innovative e modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica

E' stata sviluppata e definita una metodologia per la valutazione tecnico economica degli interventi atti ad implementare l'efficienza energetica rivolti ad edifici nuovi ed esistenti facendo riferimento alle linee guida della UE, così come indicato nella Direttiva recast 2010/31/CE. Tale metodologia dovrà essere adottata dai Paesi membri entro il 2013 e sarà uno strumento di riferimento per caratterizzare gli edifici NEZB. La metodologia è supportata da uno strumento informatico di calcolo per le valutazioni che dovranno essere prodotte per le tipologie edilizie residenziali e a quelle destinate ad uso uffici come richiesto dalla direttiva recast. Particolare attenzione è stata posta all'integrazione delle fonti rinnovabili negli interventi di efficientamento energetico degli edifici. Per rispondere a quanto previsto dalla Direttiva 2012/27/CE è stata svolta un'indagine mirata agli edifici ad uso uffici della Pubblica Amministrazione del Governo Centrale. Tale attività prevede un'analisi del parco immobiliare nazionale per caratterizzare gli immobili dal punto di vista del sistema edificio impianto e stimare la potenzialità di risparmio energetico tenendo conto del parametro costo /beneficio. Sulla base dei dati raccolti è stata effettuata una valutazione per determinare gli edifici che presentano maggiori problemi dal punto di vista di efficienza energetica e individuare gli interventi da realizzare. Tale valutazione si rende necessaria in quanto nel 2014 si dovrà procedere all'efficientamento di edifici che rappresentino il 3% della superficie utile totale di questi edifici come previsto all'art.5 della direttiva 2012/27/CE. In sintesi sono stati sviluppati: modelli di supporto alla programmazione e valutazione; un tool informatico per le diagnosi energetiche degli edifici (scuole e uffici); un sistema esperto informatico per le valutazioni dei consumi energetici degli edifici, facendo riferimento alla Direttiva 31/2010/CE e metodologie finalizzate all'ottimizzazione e alla valutazione degli interventi.

Modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica per le Pubbliche Amministrazioni

Vengono promosse di concerto con le PA, attraverso i Tavoli 4E (Efficienza Energetica Edifici Esistenti) ENEA, azioni e modelli per la programmazione, il monitoraggio e la verifica delle misure promosse sui temi dell'efficienza energetica al fine di proporre e definire criteri armonizzati. Vengono definiti strumenti informatici semplificati a supporto delle PA per il calcolo dinamico delle prestazioni energetiche degli edifici, per il controllo dei consumi degli edifici della PA con le evidenze delle anomalie rispetto al benchmark di riferimento, e una serie di strumenti e modelli tecnico-amministrativi che riguardano i contratti con garanzia e la promozione dell'utilizzo di ESCo per gli interventi di efficientamento energetico degli edifici pubblici e modelli per facilitare l'accesso ai fondi europei. Sono stati approfonditi i seguenti temi: modelli di supporto alla programmazione e valutazione; linee guida e schemi per i contratti con garanzia di risultato e per l'accesso ai fondi europei. Le attività prevedevano l'individuazione di due edifici della PA su cui effettuare dei dimostratori. Le azioni svolte riguardano la definizione degli edifici e la predisposizione di un layout di progetto di riqualificazione con attività per l'audit e predisposizione dei documenti necessari per l'espletamento di un bando per l'aggiudicazione dei lavori

Proposta di revisione della Norma UNI 10349

L'obiettivo ha riguarda la proposta di revisione della Norma UNI 10349 alla luce dei nuovi parametri climatici nazionali e dell'anno tipo, e l'integrazione nella nuova norma dell'Indice di severità del Clima (ICS) per la zonizzazione del clima nazionale ai fini della certificazione estiva. A partire dalla metodologia di calcolo per la definizione dell'anno tipo, dall'aggiornamento dei dati climatici e dell'ICS, e relativa zonizzazione per Province messa a punto nelle precedenti annualità, verrà formulata una proposta di revisione della nuova norma UNI 10349 ai fini della determinazione dei limiti di consumo ammissibili per la climatizzazione invernale ed estiva per tutto il territorio nazionale. Tale attività risulta fondamentale per la corretta applicazione delle norme per la valutazione della certificazione energetica degli edifici.

Sviluppo e caratterizzazione di schermature solari ad elevato contenuto tecnologico

Come noto che il carico elettrico per la climatizzazione estiva sia strettamente legato agli apporti di energia interni ed al guadagno solare, più che alla differenza di temperatura tra interno ed esterno. Per questo motivo esiste una forte spinta all'utilizzo di schermature solari che, nel settore residenziale e, soprattutto, non residenziale, possono garantire elevati standard di risparmio energetico. Esistono numerosi studi e tecnologie in grado di dimostrare l'impatto sulle prestazioni termiche e luminose degli edifici si diverse tipologie di

protezione solare. Poche informazioni e soprattutto pochi dati sono a disposizione di architetti e progettisti riguardo le nuove tecnologie che stanno con difficoltà lentamente emergendo. Si tratta di nuovi materiali e nuove strategie di controllo, finalizzati ad una sempre maggiore integrazione architettonica delle schermature solari, che sono spesso viste solo come corpi estranei alle facciate degli edifici sulle quali sono realizzate. Spesso si tratta di materiali tessili, ad elevato contenuto tecnologico, in grado di ottimizzare la qualità architettonica e la prestazione energetica dell'edificio, anche in condizioni costruttive non particolarmente agevoli. La linea di attività prevede una serie di azioni mirate a focalizzare lo sviluppo e la caratterizzazione di questi materiali, affinché la tecnologia sia resa effettivamente fruibile ai settori del mercato delle costruzioni, interessati alla razionalizzazione degli usi finali di energia ed alla realizzazione di edifici confortevoli, a livello termico ed illuminotecnico. Per la valutazione delle prestazioni energetiche degli schermi di ombreggiamento saranno definite le specifiche tecniche per la realizzazione di due celle prova nel C.R. Casaccia dell'ENEA. Le attività includono: sviluppo di un database di sistemi di protezione solare innovativi; caratterizzazione sperimentale delle tecnologie innovative per una loro inclusione nei modelli di calcolo della prestazione energetica degli edifici; aggiornamento del software Winshelter, sviluppato durante le prime annualità della Ricerca di Sistema Elettrico, al fine di includere i nuovi materiali nel motore di calcolo, specifiche tecniche per la realizzazione di celle prova per la valutazione delle prestazioni degli schermi di ombreggiamento. Tale attività è propedeutica alla definizione di standard prestazionali da inserire nel decreto di recepimento della Direttiva recast.

Sviluppo, sperimentazione e caratterizzazione di materiali innovativi (Cool material)

In quest'ambito sono stati eseguiti test volti alla caratterizzazione di materiali innovativi (Cool materials) per le coperture, le facciate degli edifici e la pavimentazione di spazi esterni che limitino l'apporto solare e la richiesta energetica per il raffrescamento. La presenza di piante in prossimità di un edificio o integrato nelle sue infrastrutture murarie (Greenery) incide, infatti, sulle interazioni energetiche dell'edificio con l'ambiente esterno, migliorando le condizioni di comfort estivo per gli spazi esterni e assolvendo una funzione di isolante termico nei periodi freddi, oltre a filtrare fino al 70% delle polveri presenti nell'aria. Saranno sviluppati sistemi integrati verdi denominati "Vertical Greenery System (VGS)" e "Green Roof" (GR), per le strutture esterne degli edifici, per definirne standard di efficienza e potenzialità di applicazione.

Piano integrato per l'informazione e la diffusione delle tecnologie verso i cittadini, le aziende e le pubbliche amministrazioni

Al fine di produrre un'ampia pubblicità e diffusione dei risultati raggiunti dall'attività di ricerca, è stato realizzato un Piano integrato di diffusione e disseminazione degli stessi. L'attività prevista un continuo dialogo tra i partner e i potenziali utilizzatori dei risultati finali. In particolare si è ottenuto:

- Stesura di un piano integrato di Comunicazione.
- Analisi dell'utilizzo di ambienti virtuali di apprendimento per la formazione di tecnici nel settore dell'efficienza energetica.
- Specifiche tecniche per la realizzazione del Modello offline "Energy City Virtual Lab".
- Studio del labelling degli elettrodomestici.
- Tool informatico per l'uso efficiente degli elettrodomestici "Bianchi".

ATTIVITÀ 2014

Edifici pubblici tipo, Indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio ad uso ufficio e scuole, Applicabilità di tecnologie innovative e modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica

I temi affrontati nell'attività riguardano la realizzazione di edifici Nearly Energy Zero Building, per il parco di edifici nuovo e per l'esistente da riqualificare, l'applicazione della metodologia cost-optimal in fase di revisione, e che è poi stata integrata da un'analisi di sensibilità sugli standard prestazionali proposti in considerazione del fattore costo/beneficio, la messa a punto di strumenti e modelli per favorire gli interventi di riqualificazione negli edifici della PA, la realizzazione di un dimostratore e la definizione di modelli di aggregazione della domanda rivolta, in modo particolare, alle PA di medie e piccole dimensioni. Una particolare attenzione è stata posta all'integrazione delle fonti rinnovabili negli interventi di efficientamento energetico degli edifici. Il tema è molto sentito soprattutto per gli interventi da effettuare nel patrimonio esistente. A completamento di questa linea è stato definito un piano di comunicazione e informazione indirizzato ai diversi target di utenza.

Modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica per le Pubbliche Amministrazioni

Sono state promosse con le PA, tramite i Tavoli 4E - ENEA, azioni e modelli per la programmazione, monitoraggio e verifiche delle misure promosse sui temi dell'efficienza energetica al fine di proporre e definire criteri armonizzati, sono stati sviluppati degli strumenti informatici semplificati a supporto delle PA per il calcolo dinamico delle prestazioni energetiche degli edifici, per il controllo dei consumi degli edifici della PA con le evidenze delle anomalie rispetto al benchmark di riferimento, e una serie di strumenti e modelli tecnico-amministrativi che riguardano i contratti con garanzia e la promozione dell'utilizzo di ESCo per gli interventi di efficientamento energetico degli edifici

pubblici e modelli per facilitare l'accesso ai fondi europei. Sono stati sviluppati modelli di supporto alla programmazione ed alla valutazione; linee guida e schemi per i contratti con garanzia di risultato e per l'accesso ai fondi; è stato finalizzato il progetto esecutivo di un dimostratore, con istruzione ed aggiudicazione della gara per la sua realizzazione.

Proposta di applicazione dell'Indice di Severità Climatico per la zonizzazione estiva

In conformità a una nuova zonizzazione climatica estiva che tiene conto sia della distribuzione sul territorio nazionale dell'indice di severità climatica estiva sia della distribuzione delle unità immobiliari abitative e delle aree utili delle loro superfici, è stato definito, per ogni zona climatica, il periodo dell'anno durante il quale è necessario, per il settore residenziale, l'impiego degli impianti di climatizzazione estiva. La proposta della nuova zonizzazione e della relativa stagione di climatizzazione è presentata al Ministero dello sviluppo economico affinché entri a far parte di un prossimo dispositivo di legge che li renda cogenti, così come già avviene per le zone climatiche invernali.

Sviluppo e caratterizzazione di schermature solari ad elevato contenuto tecnologiche

Sono state svolte azioni mirate a focalizzare lo sviluppo e l'assessment dei materiali schermanti, affinché la tecnologia sia resa effettivamente fruibile ai settori del mercato delle costruzioni, interessati alla razionalizzazione degli usi finali di energia ed alla realizzazione di edifici confortevoli, a livello termico ed illuminotecnico. Per la valutazione delle prestazioni energetiche degli schermi di ombreggiamento sono state definite le specifiche tecniche per la realizzazione di due celle prova nell'area ENEA Capanna. E' stata realizzata l'installazione di un sistema di monitoraggio, raccolta e trasferimento dati ambientali e microclimatici. E' stato realizzato un sistema colturale di tipo "soil-less" per ottimizzare l'operatività energetica delle "coltri vegetali" su parete/terrazzo; realizzazione di sistemi-prototipo di tipo parete vegetale e terrazzo verde. I sistemi prototipo sono stati installati presso edifici del Centro Ricerche Casaccia e sono stati effettuati esperimenti per la valutazione dei seguenti fattori: specie vegetali candidate, ciclo produttivo, produttività fogliare, morfologia, tolleranza ambientale, richieste energetiche e luminose, resistenza alle fitopatie. Un aspetto che riguarda la schermatura solare e la generazione elettrica rinnovabile è il fotovoltaico integrato negli edifici. Se l'efficienza elettrica di questi sistemi è quantificabile con precisione, lo stesso non può dirsi del bilancio termico, poiché la conversione di parte dell'energia solare assorbita in elettricità non rende applicabili i comuni modelli di calcolo. E' stato quindi effettuato uno studio di modellazione del comportamento termico di BIPV sotto irraggiamento solare e definire in modo accurato le prestazioni solari e

termiche. Il modello è stato calibrato e validato attraverso misure condotte in laboratorio.

Sviluppo, sperimentazione e caratterizzazione di materiali innovativi (Cool materials)

I cool material per aree urbane sono di notevole interesse per il miglioramento del comfort urbano e per la mitigazione della temperatura esterna (Isola di Calore Urbana). In questa annualità è stata testata una nuova generazione di prodotti che uniscono elevata riflettanza al vicino infrarosso (riduzione degli apporti solari) ed elevata permeabilità (riduzione delle temperature superficiali per evaporazione dell'acqua accumulata sotto il manto stradale). Sono stati poi provati nuovi prodotti per le finiture superficiali, caratterizzati da elevata riflettanza all'infrarosso vicino e da bassa emissività termica per ridurre le dispersioni di calore durante la stagione invernale. E' stata infine sviluppata una metodologia di valutazione degli apporti solari attraverso i componenti opachi in funzione delle modalità di riflessione della radiazione solare dei materiali da costruzione. Questo aspetto è rilevante poiché i modelli di calcolo per il fabbisogno termico degli edifici prevedono un comportamento diffondente dei materiali, mentre nella realtà molti prodotti hanno un comportamento misto, in parte diffondente in parte speculare. Il metodo consente di valutare in modo più accurato gli apporti solari attraverso coperture e pareti in funzione del reale comportamento ottico dei materiali superficiali.

Piano integrato per l'informazione e la diffusione delle tecnologie verso i cittadini, le aziende e le pubbliche amministrazioni

L'attività svolta riguarda la definizione, validazione e verifica di requisiti di ecodesign e di etichettatura energetica per gli apparecchi domestici, professionali e commerciali, in particolare nel settore refrigerazione, lavaggio, cottura, condizionamento e illuminazione. Sono state svolte attività per la definizione e la pubblicazione di standard internazionali ed europei per tali prodotti e ricerche di mercato attraverso inchieste per l'analisi della situazione nazionale del parco installato dei prodotti e tool informatici per la sensibilizzazione dell'utente in merito agli interventi di efficienza energetica e all'ottimizzazione dell'utilizzo degli elettrodomestici per la riduzione dei consumi. Al fine di produrre un'ampia pubblicità e diffusione dei risultati raggiunti dall'attività di ricerca, è stato realizzato un Piano integrato di diffusione e disseminazione degli stessi. Facendo specifico riferimento a "Specifiche tecniche per la realizzazione del Modello offline Energy City Virtual Lab" è stata realizzata e messa in rete la Piattaforma che raggruppa i seguenti elementi:

- edifici virtuali dove ricercatori e soggetti destinatari possono interagire in tempo reale mostrando e condividendo i risultati e le possibili applicazioni delle sperimentazioni (modelli, codici, software, etc.);
- una piazza virtuale per convegni e meeting con la possibilità di organizzare anche eventi a distanza;
- materiale video relativo alle singole linee di ricerca (documentari, interviste ai ricercatori, etc.);
- una biblioteca virtuale contenente materiale bibliografico collegato alle diverse ricerche;
- un'aula virtuale dove si svolgono corsi rivolti a tecnici della PA, operatori di settore e studenti di Istituti superiori di secondo grado o università in modalità e-Learning.

Sono stati poi elaborati moduli didattici in modalità blendend su "Risparmio ed efficienza energetica negli edifici pubblici". Con riferimento alle attività sull'utilizzo di ambienti virtuali di apprendimento per la formazione di tecnici nel settore dell'efficienza energetica è stato progettato, realizzato e sperimentato un percorso formativo da inserire all'interno della Piattaforma Energy City Virtual Lab, basato sull'utilizzo delle nuove tecnologie per l'apprendimento e finalizzato a migliorare le competenze da parte dei funzionari pubblici nel campo dell'Efficienza Energetica. E' stato realizzato un modello off-line del corso ed è stato testato un primo prototipo di questo sistema di apprendimento da parte di utenti all'interno di una rete di PA.

3.2.11 Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione

Il progetto è finalizzato allo sviluppo di un sistema integrato robusto, competitivo e di riferimento per il "sistema Italia", in grado di assolvere l'intero compito della climatizzazione, sia estiva che invernale..

ATTIVITÀ 2012

Messa in funzione, analisi sperimentale e caratterizzazione dell'innovativo impianto di solar heating and cooling realizzato a servizio di un edificio

L'impianto di solar heating and cooling è stato realizzato allo scopo di riscaldare durante il periodo invernale e di climatizzare durante il periodo estivo l'Edificio F92 del Centro Ricerche ENEA della Casaccia. L'edificio (circa 230 m²) si sviluppa su tre livelli, ciascuno dotato di gestione autonoma del sistema di climatizzazione. L'impianto ha sempre permesso durante il periodo di monitoraggio il mantenimento delle condizioni di comfort termoigrometrico all'interno degli ambienti dell'edificio, grazie alla logica di regolazione gestita da un avanzato sistema BMS (Building Management System). È stato riscontrato un consistente risparmio dei consumi di energia primaria di natura fossile grazie allo sfruttamento della radiazione solare: la frazione solare invernale è stata pari al 56% dei consumi per il riscaldamento degli ambienti mentre quella estiva

ha raggiunto il 66% dell'energia termica richiesta dal gruppo frigo ad assorbimento per la produzione di acqua refrigerata.

Messa in funzione, analisi sperimentale e caratterizzazione della pompa di calore acqua-acqua a CO₂

La pompa di calore sviluppata utilizza come fluido refrigerante la CO₂ (R744), è del tipo acqua-acqua polivalente e produce contemporaneamente acqua calda e acqua refrigerata (Pt = 30 kW, Pf = 27 kW) per alimentare un impianto ad aria primaria e fan coil installato a servizio di un edificio altamente strumentato presente all'interno del C.R. ENEA di Casaccia. L'analisi congiunta dei dati invernali ed estivi ha permesso di individuare nella temperatura dell'acqua in ingresso alla macchina lato Gas Cooler (ST3) il parametro che condiziona globalmente il funzionamento della macchina. La pompa di calore è dotata di un circuito principale e di un circuito secondario che si attiva per minimizzare la diminuzione del COP quando ST3 è maggiore di 35 °C. La macchina raggiunge il COP invernale massimo di 2,80 per ST3 pari a 32,5 °C. La sperimentazione nel periodo invernale evidenzia l'importanza della scelta dei terminali d'impianto da abbinare alla macchina: essi devono essere in grado di assicurare una bassa temperatura di ritorno dall'impianto in modo da massimizzare il COP della macchina. L'EER presenta un valore massimo di 4,81 per ST3 prossima a 25,7 °C.

Progettazione costruttiva di un prototipo di pompa di calore a CO₂ (R744) invertibile del tipo aria-aria e realizzazione della facility di prova

La climatizzazione di grandi locali commerciali e grossi edifici del terziario può essere realizzata con sistemi roof-top installati appunto, sulla copertura dell'edificio e collegati alla rete di distribuzione dell'aria condizionata, prevedendo solo l'allaccio alla rete di distribuzione dell'energia elettrica. Oltre alla progettazione del roof-top a R744 è stata progettata anche la facility di prova che consentirà di valutare le performance prestazionali della macchina. L'impianto realizzato avrà il compito di garantire la climatizzazione sia estiva che invernale di un edificio (circa 215 m²) avente destinazione d'uso "uffici" del C.R. Casaccia. Al sistema BMS è affidata la gestione delle corrette condizioni termoigrometriche nei vari ambienti variando la portata e la temperatura d'immissione dell'aria nei vari locali. L'analisi sperimentale sul funzionamento invernale del roof-top ha anche l'obiettivo di individuare la circuitazione frigorifera che, in funzione delle condizioni di temperatura e umidità esterna, riduce al minimo la durata e la frequenza della procedura di sbrinamento della batteria esterna. Le elevate temperature raggiungibili con la CO₂ evitano il ricorso a batterie integrative ad acqua alimentate da caldaie a gas, necessarie a garantire il riscaldamento degli ambienti quando i roof top di tipo tradizionale effettuano continui cicli di sbrinamento.

Progettazione di un serbatoio di accumulo a cambiamento di fase

Sono stati effettuati la progettazione costruttiva e il dimensionamento di un serbatoio di accumulo a cambiamento di fase (PCM, Phase Change Material) da inserire nell'impianto di solar heating and cooling realizzato a servizio dell'Edificio F92 del C.R. ENEA Casaccia. L'impianto è dotato sia di un accumulo caldo che di un accumulo freddo della capacità rispettivamente di 1500 e 1000 L, è stato quindi necessario valutare l'eventuale sostituzione di entrambi gli accumuli con uno di tipo PCM. Il comportamento dell'impianto è stato simulato in ambiente TRNSYS al variare della capacità dei due accumuli. La soluzione energeticamente più conveniente risulta quella relativa a un accumulo solare di 3500 L e un accumulo freddo di 1000 L. La capacità di accumulo di energia termica con un serbatoio di 3500 L è di circa 73 MJ (ipotizzando un ΔT tra acqua in ingresso e in uscita pari a 5 °C). Una volta individuata la capacità ottimale si è passati alla valutazione del materiale PCM, scegliendo dei sali idrati che presentano la possibilità di incapsulamento in pratici tubi.

Studio e progettazione di un sistema di smaltimento statico del calore

Il sistema d'emergenza di dissipazione del calore prodotto in eccesso da impianti solari termici è generalmente costituito da un drycooler alimentato elettricamente. L'attività di ricerca ha consentito la progettazione costruttiva e il dimensionamento di un sistema passivo di smaltimento del calore, funzionante anche in caso di assenza di energia elettrica. Il dimensionamento dell'intero sistema di dissipazione, in particolare il dimensionamento della superficie di scambio della batteria alettata e l'ottimizzazione del passo, dell'altezza delle alette e del posizionamento rispetto al collettore solare, è stato sviluppato attraverso delle simulazioni in ambiente TRNSYS.

Analisi sperimentale collettori solari termici a heat-pipe

Sono state eseguite prove sperimentali sull'impianto TOSCA (Thermalfluid-dynamics Of Solar Cooling Apparatus) al fine di valutare l'influenza sul funzionamento dell'heat-pipe di tre parametri operativi: inclinazione dell'heatpipe rispetto l'orizzontale, grado di vuoto e temperatura fluido lato secondario. Per quanto riguarda l'inclinazione, il massimo rendimento si ha per un'inclinazione di 30° e per un riempimento dell'8,6%: bisognerà comunque tenere conto della radiazione solare disponibile. Si è inoltre verificato che all'aumento della temperatura nel circuito secondario corrisponde una diminuzione del calore trasferito da parte dell'heat-pipe: aumentando la temperatura operativa si ha infatti un incremento delle dispersioni verso l'esterno.

Realizzazione di un prototipo di macchina frigorifera caldo/freddo dedicata al settore alimentare

Sono stati studiati il dimensionamento e la realizzazione di un prototipo di macchina a CO₂ acqua-acqua a inversione di ciclo istantaneo per la messa a punto di un processo termico completo (caldo-freddo) sui prodotti alimentari. L'impianto sperimentale Pa.CO₂ è stato realizzato "accoppiando" tra di loro una pompa di calore a CO₂ per la produzione di acqua calda sanitaria e un pastorizzatore di tipo commerciale. Dal confronto con il processo di riscaldamento realizzato elettricamente dalle macchine in commercio, la pompa di calore ha evidenziato consumi elettrici sempre considerevolmente minori, specie in seguito alle modifiche introdotte da ENEA

Realizzazione di un impianto di solar cooling a servizio di una serra per culture intensive

L'attività è stata incentrata sullo sviluppo di una facility per la caratterizzazione di sistemi solar cooling integrati in una serra sperimentale a contenimento, utilizzata per le attività di ricerca su piante transgeniche. Tale sistema è stato realizzato con un gruppo frigo ad assorbimento installato a servizio della "Serra Transgenica" presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia. La serra è suddivisa in otto moduli indipendenti ciascuno dotato di impianti automatizzati in modo da realizzare differenti microclimi e gradi di illuminazione all'interno di ciascun modulo.

Sviluppo di componenti solari a concentrazione per applicazioni di climatizzazione

Le attività hanno riguardato la modellazione ottica e termo-fluidodinamica di un collettore solare a concentrazione basato su un sistema ottico del tipo CPC (Compound Parabolic Collectors) e lo sviluppo di un prototipo di concentratore solare che utilizza materiali e tecniche costruttive di tipo innovativo.

ATTIVITÀ 2013

L'attività sulla climatizzazione innovativa si è sviluppata su due linee di attività fondamentali, concentrando gli sforzi e le risorse verso la realizzazione di laboratori e lo sviluppo di componenti innovativi. La prima linea è quella dello sviluppo e qualificazione di tecnologie per lo sfruttamento della componente rinnovabile per il condizionamento estivo. In particolare vengono studiate pompe di calore ad assorbimento, pompe elettriche elio-assistite, heat pipe, pompe di calore a CO₂, sistemi desiccant, pompe di calore geotermiche. A questo scopo sono stati realizzati impianti prototipali, laboratori di qualificazione e si assicura la partecipazione a network di ricerca internazionali (IEA). La seconda linea di attività riguarda l'integrazione del sistema di climatizzazione, cioè la costruzione di sistemi integrati che possano essere robusti e competitivi assolvendo l'intero compito della climatizzazione sia estiva che invernale e della

produzione di acqua calda sanitaria. In questo contesto si sono sviluppati: sistemi integrati pilota e dimostratori dove tali sistemi sono integrati nell'edificio; sistemi di controllo ed ottimizzazione in linea della integrazione tra sistema di climatizzazione ed edificio e telediagnostica con sistemi di monitoraggio remoto. Nell'ambito della sperimentazione e qualificazione di componenti e sistemi è stata effettuata la progettazione, realizzazione, messa in funzione e quindi l'analisi sperimentale del funzionamento di prototipi di componenti innovativi costituenti il sistema integrato in grado di assolvere l'intero compito della climatizzazione sia estiva che invernale. È stata quindi effettuata l'integrazione nell'impianto di solar heating and cooling realizzato a servizio dell'edificio F92 del CR Casaccia di un accumulo termico a cambiamento di fase (PCM), una campagna di prove sperimentali di un impianto di solar cooling a servizio di una serra per colture intensive, sono state sviluppate logiche di regolazione progettate ad hoc per impianti di solar heating and cooling e per impianti a pompa di calore a compressione e per finire è stata effettuata l'analisi di sensibilità del sistema per stabilire, ai fini dell'effettiva fattibilità economica, le soglie di costo iniziale dei vari componenti costituenti gli impianti sperimentali. Riguardo le facility per la caratterizzazione di componenti solari per applicazioni a media ed alta temperatura è stata effettuata l'analisi sperimentale e la qualificazione di componenti solari a concentrazione ottimizzati per applicazioni a media temperatura e la messa a punto della facility di test per prove indoor su collettori solari. Nello specifico le principali azioni sulle quali si è concentrata l'attività sono la sperimentazione e qualifica di componenti solari a concentrazione ottimizzati per applicazioni distribuite di piccola taglia a media temperatura, in particolare nei settori industriale, commerciale e terziario; l'elaborazione di studi per valutare le potenzialità di applicazione di sistemi co- e tri-generativi di piccola taglia che utilizzano mini e micro CSP abbinati a cicli a fluido organico (ORC); la messa a punto della facility di test per prove indoor su collettori solari, implementando un sistema ("cielo artificiale") in grado di riprodurre lo scambio radiativo nell'infrarosso che avviene tra un collettore e la volta celeste nelle ore di insolazione. Nell'ambito dello sviluppo e sperimentazione di pompe di calore elettriche di nuova generazione è stata effettuata la progettazione, realizzazione, messa in funzione e quindi l'analisi sperimentale del funzionamento di pompe di calore elettriche di nuova generazione, che utilizzano fluidi refrigeranti a basso impatto ambientale. In particolare è stata realizzata una macchina frigorifera sperimentale di piccola potenza ($P_f = 3,0$ kW) per la prova e la verifica prestazionale di differenti fluidi frigoriferi utilizzati nelle pompe di calore a compressione. È stata condotta una campagna di prove sperimentali di un prototipo di pompa di calore a CO_2 (R744) invertibile del tipo aria-aria, dedicato alla climatizzazione di gallerie commerciali e grossi edifici del terziario che si trovano in zone climatiche rigide. Infine è stato effettuato uno studio di fattibilità per la produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS) in modalità

istantanea a mezzo di una pompa di calore a CO₂ (R744) che ha evidenziato i possibili effetti benefici sulle prestazioni della macchina di un suo accoppiamento con un sistema di accumulo a forte stratificazione dell'acqua calda prodotta.

ATTIVITÀ 2014

Sperimentazione e qualificazione di componenti e sistemi

E' stata svolta la progettazione, la realizzazione, la messa in funzione e l'analisi sperimentale del funzionamento di prototipi di componenti innovativi costituenti un sistema integrato in grado di assolvere l'intero compito della climatizzazione sia estiva che invernale. Le attività hanno riguardato:

- Sistemi di accumulo a cambiamento di fase PCM abbinati a impianti di solar heating and cooling
- Studio e applicazione delle vapor chamber nei sistemi solari termici
- Test funzionale delle performance di un prototipo di condizionatore d'aria compatto, alimentato ad energia solare (solar DEC)

Facility per la caratterizzazione di componenti solari per applicazioni a media ed alta temperatura

E' stata effettuata l'analisi sperimentale e la qualificazione di componenti solari a concentrazione ottimizzati per applicazioni a media temperatura da destinare ai settori della climatizzazione residenziale, commerciale e terziaria, alla produzione di freddo in ambito industriale ed alla produzione di calore per alimentare processi co-generativi ad uso industriale. In particolare, le principali azioni sulle quali si è concentrata la sperimentazione sono:

- analisi sperimentale e qualificazione di componenti solari a concentrazione ottimizzati per applicazioni a media temperatura da destinarsi ai settori della climatizzazione residenziale, commerciale e terziaria, alla produzione di freddo in ambito industriale ed alla produzione di calore per alimentare processi co-generativi ad uso industriale.
- sviluppo, caratterizzazione e sperimentazione di concentratori solari modulari compatti accoppiati a ricevitori basati sulla tecnologia dei mini e micro-canali.

Sviluppo e sperimentazione di pompe di calore elettriche di nuova generazione.

L'attività svolta ha riguardato la progettazione, realizzazione, messa in funzione e quindi l'analisi del funzionamento di pompe di calore elettriche di nuova generazione, che utilizzano fluidi refrigeranti a basso impatto ambientale. In particolare, le attività hanno riguardato:

- Prove sperimentali comparative sui prototipi di pompa di calore a R134a e Propano R290

- Radiatori di nuova generazione ad elevato salto termico in accoppiamento a sistemi di pompa di calore elettrica

Per quanto riguarda la partecipazione a gruppi di lavoro internazionali, ENEA ha contribuito, come rappresentante italiano, ai lavori dell'Implementing Agreement IEA "Solar Heating and Cooling", partecipando ai Task 42 "Compact Thermal Energy Storage: Material Development and System Integration", Task 48 "Quality assurance and support measures for Solar Cooling" e Task 51 "Solar energy and urban planning".

3.2.12 Prodotti e processi per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'elettromobilità

Il progetto è finalizzato allo sviluppo di nuove tecnologie e componenti nell'ottica di contribuire al risparmio energetico nel settore dei trasporti e l'estensione della elettrificazione dei trasporti su gomma. Inoltre sono sviluppati materiali, componenti e tecnologie per la riduzione del peso dei vettori per il trasporto.

ATTIVITÀ 2012

Sviluppo di moduli integrati, completi di BMS (Battery Management System)

A valle di studi che avevano identificato il litio-ferro-fosfato come la tipologia di chimica più adatta per realizzare, insieme alle batterie al litio, l'alternativa alle batterie al piombo per l'avviamento e la trazione di veicoli elettrici off-road, sono state eseguite prove su campioni di tali batterie al fine di studiarne il comportamento termico. E' stato poi progettato il relativo sistema di raffreddamento ad aria e il sistema elettronico di controllo (Battery Management System BMS). Come risultato finale sono stati realizzati Moduli litio-ione 12V/100-60-30 Ah, completi di sistema di raffreddamento individuale e BMS con bilanciamento attivo delle batterie (cioè idealmente senza dissipazione energetica).

Studio di sistemi avanzati di accumulo quali supercondensatori e sistemi di accumulo misti (batterie +supercondensatori)

L'attività, sviluppata negli anni precedenti in collaborazione con l'Università di Padova, è stata completata con "prove vita" di confronto tra due pacchi batterie piombo-acido, uno impiegato da solo, l'altro "assistito" da supercondensatori. Il pacco "non assistito" subisce un progressivo degrado delle prestazioni, l'altro, dopo una perdita iniziale minima, conserva inalterate le sue prestazioni "in potenza". L'incremento di durata della batteria (circa 3 volte) più che compensa il costo di supercondensatori ed elettronica.

Tecnologia e applicazioni della ricarica rapida al trasporto pubblico locale

La ricarica rapida è il modo più efficiente per ridurre pesi, ingombri e costi del pacco batteria, contribuendo inoltre ad avvicinare le modalità d'uso del

veicolo elettrico a quelle del veicolo tradizionale. Una soluzione molto interessante è utilizzare in modalità "reverse" l'elettronica di potenza del motore di trazione, intervenendo solo sul software di controllo. L'alternativa "caricabatteria a terra" consente l'impiego di un accumulo stazionario, possibile elemento in comune tra due reti, quella della mobilità e quella dell'energia. Lo studio ha dimostrato come entrambe le soluzioni rendano possibile una sostanziale riduzione dei costi, con minor costo di investimento nel caso del caricabatteria a bordo, maggiore flessibilità d'esercizio e migliore adattabilità al parco veicoli attuale del sistema "tutto a terra".

Life-Cycle Assessment energetico ambientale

Sono stati condotti studi sia sulle batterie a litio che sui materiali strutturali Aluminium Foam Sandwich (AFS). Riguardo alle batterie si è visto che è la fase di produzione ad avere il maggiore impatto. Riguardo l'Ecodesign del case e del BMS dei moduli da 30, 60 e 90 Ah, ipotizzando l'uso di differenti materiali per il case dei moduli (acciaio, alluminio e polipropilene) gli studi hanno mostrato che il polipropilene offre la soluzione a minor impatto, segue l'acciaio; l'impatto è maggiore in generale per le taglie inferiori. Uno studio analogo è stato effettuato sui materiali leggeri strutturali prendendo come caso di studio la produzione di un elemento di AFS. È stato verificato come sia l'alluminio delle pelli e delle polveri ad avere il maggiore impatto ambientale in particolare se si considera l'impiego di alluminio primario. L'impiego di alluminio riciclato permette di ridurre notevolmente gli impatti senza riduzioni di caratteristiche rilevanti.

Upscaling dei processi di produzione: schiume di alluminio, estrusi rinforzati e pannelli sandwich con core in schiuma di alluminio

Nell'attività di ricerca si è proceduto alla qualificazione chimico fisica dei prodotti commerciali, allo sviluppo di procedure di fabbricazione di nuove miscele con adeguati sistemi di predizione delle caratteristiche (reti neurali e Design of Experiment) e alla progettazione di un laboratorio per l'upscaling del processo di produzione di precursori e componenti in schiuma metallica di alluminio. È stata allestita una pressa di compattazione ed estrusione di polveri di alluminio fino a 100 cm³ ed è stato sviluppato un forno di schiumatura che permette di manipolare, con cicli automatici, campioni con volume fino a 2500 cm³. L'obiettivo finale è dimostrare la fattibilità industriale del processo per la realizzazione di estrusi di alluminio rinforzati.

Fabbricazione, progettazione e simulazione di componenti per l'alleggerimento strutturale di vettori per trasporto

La caratterizzazione meccanica, a flessione e a compressione, è stata condotta da ENEA con l'implementazione di tecniche di analisi assistite DIC, in collaborazione con l'università Roma Tre che ha sviluppato anche un sistema di analisi per la rilevazione degli stress residui nelle pareti dei pori delle schiume

metalliche a livello sub micrometrico. Tali tecniche sono particolarmente adatte al tipo di materiale in quanto permettono di individuare precocemente le zone di innesco della rottura. Le prove di caratterizzazione, condotte sul materiale base e sui giunti saldati (Laser e Electron Beam), hanno evidenziato una correlazione fra resistenza meccanica e densità media dei campioni misurata con analisi radiografiche. Uno studio per l'impiego di questi materiali nel settore ferroviario, con la riprogettazione del pavimento flottante delle carrozze passeggeri dei treni, ha dimostrato un possibile risparmio di peso del componente superiore al 60%. A questo va aggiunto il miglioramento del comfort per il maggiore smorzamento acustico e vibrazionale caratteristico dei materiali cellulari.

Ibridizzazione di microsfere metalliche con polimeri termoplastici e impiego di fibre naturali in compositi termoplastici

È stato sviluppato un processo di produzione (Rubber Forming) per la realizzazione di compositi in polietilene ad alta densità rinforzato con polpa di legno (WPC) e fibre naturali di canapa lunghe e corte. È stata testata la resistenza a trazione del materiale e quella di uno specifico componente con esso realizzato (una mensola), e valutata anche la riciclabilità. L'incremento di resistenza varia da circa il 50% con il rinforzo in solo WPC a oltre il 125% con il rinforzo a fibra lunga di canapa. L'ENEA ha studiato come i parametri di processo di stampaggio (pressione, tempo e temperatura) influenzino le caratteristiche di compositi polimerici a base di PLA (Acido Polilattico) e bio tessuti a elevata riciclabilità (commingled). È stato infine migliorato, in termini di porosità e produzione giornaliera, il processo di realizzazione di granuli metallici di alluminio mediante l'impiego di resine epossidiche e pirolisi.

ATTIVITÀ 2013

Le attività svolte hanno riguardato:

- Studio sulla ricarica "contactless" per l'analisi e la progettazione di un sistema di trasferimento dell'energia senza contatto al fine di poter realizzare un accoppiamento elettromagnetico di elevato rendimento tra veicolo e rete di alimentazione pur in presenza di elevati gap tra bobina primaria e secondaria anche in condizioni dinamiche .
- È stato sviluppato un prototipo di caricabatterie "reversibile" ossia di un sistema che possa svolgere sia le funzioni di caricabatterie che di azionamento. A valle della definizione delle specifiche si è curata la progettazione del sistema ed infine la realizzazione in forma prototipale. A completamento sono state eseguite le prime prove di funzionalità del sistema.
- È stato realizzato un sistema per la determinazione delle prestazioni energetiche e di power quality dei sistemi di conversione da utilizzare nelle applicazioni inerenti l'elettromobilità. Il sistema per le specifiche

caratteristiche è idoneo alla sua applicazione in ambiente ove le caratteristiche elettriche possono subire variazioni rapide addebitabili sia al sistema di accoppiamento della potenza che alle diverse condizioni del carico. Di seguito si è esperita la valutazione del sistema di misura mediante esecuzione di prove su una stazione di ricarica rapida con la determinazione del comportamento energetico della medesima. Inoltre si è eseguita la sperimentazione di una stazione di ricarica rapida accoppiata ad un compensatore statico per la valutazione degli effetti sulla rete in BT, mediante espletamento di prove atte alla rilevazione dell'influenza sulla rete di distribuzione in BT .

- Partecipazione ad alcune iniziative internazionali per lo scambio continuo sulle attività programmatiche e di orientamento a livello nazionale sui sistemi di accumulo in batterie per applicazioni mobili e stazionarie. 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.
- Studio sulla mobilità in ambito urbano, di merci e persone, per la valutazione dei consumi energetici conseguente all'elettrificazione del parco veicolare in funzione delle condizioni del traffico. L'elettrificazione della mobilità comporta infatti importanti ricadute sull'assorbimento di energia dalla rete nel tempo e nello spazio di cui non sono completamente note l'entità e la caratterizzazione. Per far fronte a tale carenza di conoscenza è stato realizzato uno studio sulla mobilità in ambito urbano, merci e persone, con la collaborazione del Centro Trasporti e Logistica (CTL) dell'Università "La Sapienza" per gli aspetti relativi al Trasporto Pubblico Locale (TPL) ed alla distribuzione delle merci. Lo studio è stato condotto su un caso significativo, l'area urbana di Roma, al cui interno sono stati analizzati gli attuali comportamenti dei più importanti segmenti di traffico, nella fattispecie il trasporto privato su autovettura, il Trasporto Pubblico Locale (TPL) e la distribuzione delle merci.

ATTIVITÀ 2014

Sviluppo di sistemi e componenti innovativi per l'incremento dell'efficienza elettrica delle strutture di alimentazione dei veicoli elettrici stradali collegate alla rete elettrica, con un particolare accento sui sistemi di ricarica rapida

Le attività svolte sono suddivise in due distinte linee che coprono settori contigui di interesse nella operazioni di alimentazione dei veicoli elettrici o di ricarica dei sistemi di accumulo elettrici in dotazione ai veicoli elettrici. Scendendo nello specifico le attività espletate sono individuabili in:

- Sviluppo e realizzazione di un sistema di ricarica contactless per micro vetture

- Progettazione e studio di un convertitore per stazione di ricarica rapida in c.c. con accumulo elettrico stazionario, per l'integrazione nel sistema dei trasporti di E.E. da fonti rinnovabili non programmabili.

-

Ricerca sulla interrelazione tra veicoli elettrici (merci e passeggeri, TPL e trasporto privato) e reti di distribuzioni dell'energia ("Vehicle-To-Grid") con particolare riguardo alla domanda di energia (analisi dell'uso del mezzo elettrico)

Le attività svolte approfondiscono gli aspetti dell'elettrificazione della mobilità passeggeri, sia per le autovetture, in funzione di diverse tipologie di veicoli, elettrici "puri" ed ibridi "plug-in", che per il trasporto pubblico locale che, in una fase iniziale, avevano utilizzato valori di consumi specifico del TPL desunti da letteratura, senza approfondire le reali condizioni di operatività dei veicoli. Per lo sviluppo di queste attività ci si avvale di competenze trasportistiche ed informatiche (utilizzo di data base costituito da milioni di dati, acquistati "allo stato grezzo" a questo scopo, monitoraggio di flotte, modellazione dei consumi nelle reali condizioni di marcia) maturate in ENEA, anche nella valutazione degli impatti (in scala locale) sul sistema elettrico. Sono state quindi effettuate nel dettaglio le seguenti azioni di ricerca:

- V2G gli aspetti di rete e di interfaccia di potenza, l'impatto sul sistema di accumulo.
- Studio della sensibilità della conversione in elettrico del trasporto pubblico.

Partecipazione a collaborazioni internazionali e collaborazione e comunicazione dei risultati

Le attività hanno riguardato la partecipazione a gruppi di lavoro internazionali - EVI - IA HEV - AVERE, nonché la diffusione dei risultati attraverso la pubblicazione di memorie su riviste internazionali e tramite la partecipazione a convegni.

3.3 CNR⁵

3.3.1 Utilizzo pulito di combustibili fossili e biocombustibili

Cattura della CO₂ e utilizzo pulito dei combustibili fossili

L'importanza di questa tematica è legata ai cambiamenti climatici degli ultimi decenni e attribuiti all'uso dei combustibili fossili per la produzione di energia e alla conseguente emissione di gas serra, in special modo della CO₂. Insieme al progressivo esaurimento delle fonti fossili, alla sicurezza degli approvvigionamenti e alla necessità di diversificazione delle fonti energetiche,

⁵ Testo a cura del CNR.

ciò ha determinato un radicale cambiamento degli scenari energetici che prevedono il passaggio a tecnologie per la produzione di energia rinnovabile e a basso contenuto di carbonio. Ciononostante, nella fase, presumibilmente di lunga durata, di transizione verso tecnologie a basso contenuto di carbonio, la cattura della CO₂ appare come l'unica strada attualmente perseguibile per mitigare i cambiamenti climatici. Detrimentali all'applicazione pratica di processi di cattura della CO₂ sono la scarsità e l'inefficienza dei processi attualmente disponibili. Infatti, l'improvvisa emergenza ambientale connessa alle emissioni di CO₂, così come la scarsità di finanziamenti alla ricerca in questo settore, (dovuta agli alti costi di investimento, accompagnati dagli altrettanto alti rischi di insuccesso) non ha permesso di acquisire e maturare gli strumenti scientifici e tecnologici indispensabili per la messa a punto di tecnologie sufficientemente avanzate e con requisiti di efficienza, sicurezza ed economicità adeguati a permetterne l'applicazione pratica. In questo contesto sono state esplorate le tecnologie più avanzate atte alla cattura della CO₂ comunemente denominate: pre-combustione, post-combustione, ossi-combustione e chemical looping. Il programma di ricerca ha avuto come obiettivi generali:

- lo sviluppo di sistemi di abbattimento dei microinquinanti/contaminanti, spinto a livelli di concentrazione adeguatamente bassi per garantire e verificare l'efficacia del processo di cattura della CO₂;
- lo sviluppo di processi di separazione/cattura della CO₂ e di tecnologie di combustione CO₂ capture-ready.

Il progetto è stato articolato secondo le specifiche fasi della filiera di produzione dell'energia dal combustibile agli effluenti, qui di seguito schematicamente riportate, includendo linee di attività di ricerca che hanno riguardato: il pretrattamento del combustibile (precombustione), le potenzialità di sistemi di combustione di ossicombustione e chemical looping che intervengono sul sistema di combustione e producono flussi concentrati di CO₂, ed infine il trattamento degli effluenti di combustione (post-combustione) di seguito schematizzati. Trasversali rispetto a queste linee di intervento sono state altresì sviluppate attività di ricerca sui sistemi di monitoraggio e abbattimento dei microinquinanti organici e inorganici e delle specie considerate contaminanti ai fini di una efficiente e sicura cattura della CO₂. Tra i principali risultati/prodotti ottenuti si segnala lo studio, la selezione e lo sviluppo di strumentazioni per la rilevazione e l'abbattimento degli inquinanti a livelli sufficienti a garantire l'efficienza della cattura della CO₂ e la sicurezza del trasporto verso siti di stoccaggio. Tra questi prodotti sono da segnalare: prototipi di strumentazioni basate su tecniche ottiche e chimiche (incandescenza, spettroscopia e spettrometria di massa) per il controllo delle emissioni di polveri e composti organici inquinanti; sistemi innovativi di abbattimento degli NO_x, delle polveri fini e del mercurio. Hanno avuto invece una valenza strategica le attività di ricerca sulle principali opzioni tecnologiche per la cattura della CO₂, da implementare sia sui processi tradizionali

attualmente utilizzati per la produzione di energia, sia su tutte le opzioni tecnologiche innovative di processi di combustione che, sebbene prevedano inizialmente forti interventi e drastici cambiamenti dei sistemi di generazione elettrica, sono considerate in prospettiva le più efficaci ed economicamente convenienti per la riduzione delle emissioni di CO₂ e la cattura. In quest'ambito il progetto di ricerca del CNR ha riguardato principalmente la sperimentazione di sorbenti solidi carboniosi, economicamente più vantaggiosi dei sorbenti in soluzione attualmente disponibili per la post-combustione; gli aspetti più critici dei processi innovativi di pre-combustione (gassificazione), di chemical looping e di ossicombustione che permettono la produzione di flussi sufficientemente concentrati di CO₂ da permetterne la cattura, il trasporto e il sequestro. Il contributo incrementale finale delle attività ottenuto nel triennio per quel che concerne queste tematiche, è relativo principalmente al completamento delle apparecchiature sperimentali/prototipali per il monitoraggio simultaneo del particolato carbonioso e metallico a livelli di concentrazione dell'ordine delle parti per milione e per la purificazione delle correnti di CO₂ mediante l'abbattimento del particolato e dei gas incombusti ottenuti attraverso, rispettivamente, un sistema di condensazione e un post-combustore. L'efficienza dei due sistemi in diverse condizioni operative è stata verificata mediante campagne sperimentali di misura utilizzando le diagnostiche chimiche e spettroscopiche messe a punto. Per quel che concerne le restanti linee di ricerca, la messa a punto di sorbenti carboniosi per l'assorbimento della CO₂, l'individuazione di tecniche sperimentali e modellistiche, e di dispositivi migliorativi dei processi di precombustione, chemical looping e ossicombustione costituiscono il contributo incrementale ottenuto nel triennio. Le competenze sviluppate dal CNR sulle diagnostiche di monitoraggio ed abbattimento dei prodotti di combustione, che sono simultaneamente segnatura di inefficienza energetica e alto impatto ambientale, hanno anche costituito una base di partenza per l'attuazione della nuova linea di ricerca sviluppata nell'anno in corso denominata: *"Miglioramento dell'efficienza energetica dei sistemi di conversione locale di energia"*. Obiettivo della linea è l'ottimizzazione energetico-ambientale dei sistemi di generazione locale di energia attraverso un approccio integrato di attività di ricerca dedicate alla messa a punto di tecniche di monitoraggio/controllo dell'efficienza energetica di intermedi e/o prodotti derivanti dalla trasformazione sia di fossili che di biomasse/rifiuti, e allo sviluppo di un sistema di cogenerazione ad alta efficienza. Allo stadio attuale sono in fase di messa a punto le tecniche di diagnostica avanzate per la rilevazione in situ ed istantanea di intermedi e/o prodotti dei processi reattivi ad alta temperatura. Questi costituiscono le signature del grado di conversione/reazione locale all'interno dei sistemi di produzione di energia basati su processi di combustione sia dei fossili che di miscele combustibili contenenti specie tipiche dei biocombustibili. In particolare sono in fase di sviluppo e prova tecniche di spettroscopia in-situ che rilevano segnali di

emissione spontanea (chemiluminescenza) e di assorbimento, fluorescenza e incandescenza, dovuti ai tipici intermedi di reazione (OH, C₂, CH) e ai prodotti del processo ossidativo (H₂O e CO₂). Ciò al fine di ottenere gli strumenti diagnostici utili a valutare le condizioni di rapporto locale di equivalenza che complessivamente determinano l'efficienza e l'impatto ambientale del processo di produzione di energia. In parallelo, sono in corso di sviluppo tecniche off-line di campionamento e analisi dettagliata (cromatografia, Raman, spettroscopia UV-Vis e FT-IR) sia dei prodotti primari e secondari, che caratterizzano il processo di conversione, che delle emissioni. Ciò al fine di: (i) poter effettuare l'attribuzione dei segnali spettroscopici al tipo di intermedio e/o prodotto di reazione, inclusi i prodotti contenenti ossigeno e elementi inorganici associati all'utilizzo di biomasse e/o derivati, (ii) individuare configurazioni reattoristiche che favoriscono il miscelamento e la completa conversione energetica e (iii) progettare appositi sensori per eseguire il controllo continuo del reattore in fase di funzionamento, in particolar modo durante i transitori. Sono altresì in corso studi sperimentali e di modellazione per la definizione di geometrie e dimensioni di un micro-bruciatore a ricircolazione interna con potenzialità di pochi KW termici con l'obiettivo di definire le potenzialità, configurazioni e modalità di processo ottimali per la realizzazione di un sistema di cogenerazione CHP ad alta efficienza energetica basato su tecnologie innovative di combustione quali la combustione MILD o flameless. Complessivamente, l'attività di ricerca svolta nell'ambito delle tre linee di ricerca affrontate offre le basi di conoscenza fondamentale per lo sviluppo e l'implementazione di tecnologie avanzate in sostituzione e/o a supporto delle tecnologie tradizionali attualmente disponibili per la produzione di energia a basso impatto ambientale, e nella direzione della decarbonizzazione del sistema elettrico nazionale. In questa prospettiva sono potenziali utilizzatori le grandi società elettriche, le aziende municipalizzate, gli organismi pubblici preposti sul territorio al controllo dell'impatto ambientale.

3.3.2 Bioenergia efficiente

Le attività di ricerca relative al tema della conversione dell'energia delle biomasse e dell'efficientamento dei sistemi energetici sono state inizialmente sviluppate in due distinti progetti nell'ambito delle annualità 2012 e 2013: *"Valutazione e utilizzazione dei biocombustibili ottenuti da residui o scarti agricoli di scarso valore intrinseco e di alghe per l'applicazione in impianti di cogenerazione basati su microturbine"*; 2013: *"Risparmio di energia elettrica attraverso l'uso efficiente di tecnologie innovative"*). Nell'anno in corso il know-how acquisito è confluito in un unico progetto intitolato *"Bioenergia Efficiente"*. Il nuovo progetto ha l'obiettivo di sviluppare soluzioni tecnologiche complessive dove l'efficienza energetica non sia relativa al singolo elemento/componente o processo tecnologico ma al loro insieme, utilizzando così al meglio gli studi già svolti su biomasse e combustibili rinnovabili e

sull'efficientamento di schemi energetici. L'efficientamento complessivo di un sistema energetico basato su biomasse richiede l'ottimizzazione combinata del processo di pre-trattamento, dell'eventuale trasformazione in un vettore energetico intermedio gassoso o liquido, e del sistema termo-meccanico di conversione. La variabilità periodica delle biomasse disponibili, come anche la tipologia di rifiuti organici, richiede lo sviluppo di tecnologie innovative del processo di trasformazione primario della biomassa (gassificazione, pirolisi, ecc.) in un combustibile di proprietà superiori e dei processi successivi di purificazione/upgrading. L'utilizzo efficiente e duraturo del biocombustibile così prodotto o della biomassa pre-trattata richiede, inoltre, l'innovazione dei sistemi termici e meccanici di conversione. Ciò implica sviluppo di tecnologie e processi innovativi e l'utilizzo di materiali di ultima generazione. Oltre al miglioramento e allo sviluppo dei processi di conversione, l'efficientamento di un impianto energetico complesso richiede il miglioramento dei processi di gestione della domanda e dell'offerta. In particolare, un sistema energetico basato su tecnologie di conversione differenti e fonti energetiche primarie diversificate (rinnovabili non programmabili - eolica e solare -, fossili e biomassa) richiede una gestione integrata dell'energia che si possa avvalere di modelli per il controllo del sistema nel complesso e dei singoli sottosistemi.

La sintesi delle attività svolte è esposta omogeneamente nell'ambito dei due pilastri "Bioenergia" ed "Efficienza".

Bioenergia

Gli obiettivi della linea di ricerca tendono a rispondere ad una problematica di alta priorità per il nostro Paese e, cioè, la generazione di energia da fonti rinnovabili e a basso impatto ambientale. Tali obiettivi si collocano perfettamente nelle strategie generali di riassetto del sistema elettrico nazionale ed europeo che prevede lo sviluppo della rete elettrica attraverso sistemi basati su *smart grids*, ovvero reti decentrate interconnesse. Infatti, la generazione di energia elettrica da biomasse vegetali che, per sua natura comporta la generazione distribuita in piccoli e medi impianti, riesce a coniugare la richiesta di produzione di energia a basse emissioni di carbonio con lo sviluppo di reti elettriche a più alta efficienza basate sulle *smart grids*. L'obiettivo generale di tale linea è la generazione di energia da fonti rinnovabili e a basso impatto ambientale. In esso sono state analizzate le tecnologie di combustione, di biocombustibili liquidi e gassosi, e di produzione di biocombustibili e/o di utilizzo di biomasse a scopi energetici. Particolare enfasi è posta sui combustibili derivati da biomasse di scarso valore commerciale.

Le attività di ricerca sono state sostanzialmente organizzate nelle seguenti linee:

- utilizzo di biocombustibili liquidi e gassosi per la generazione distribuita di energia elettrica;

- valutazione delle prestazioni di un ciclo integrato di produzione e combustione MILD di biocombustibili da residui e scarti agricoli;
- processi di combustione catalitica per turbine a gas a basso impatto ambientale alimentate con biocombustibile;
- utilizzo di biocombustibili liquidi e gassosi per la generazione distribuita di energia elettrica.

L'utilizzo di microturbine in sistemi cogenerativi CHP (generazione combinata di energia e calore) di potenza elettrica inferiore a 200 kWe ha visto negli ultimi anni un crescente incremento grazie alle caratteristiche tipiche di tali sistemi energetici (basse emissioni; elevata efficienza del recupero termico, .ecc.) ed in particolare l'adattabilità all'alimentazione con combustibili di natura diversa. Tuttavia, l'impiego di gas di sintesi e di biocombustibili liquidi ottenuti da biomasse/rifiuti pone delle problematiche nuove, legate ai mutati valori del potere calorifico del combustibile, alle variazioni di velocità di fiamma, alla presenza di contaminanti non completamente rimossi dai sistemi di pulizia del gas a monte (tar, alcali, metalli e altri composti sotto forma di particelle). In questo contesto l'analisi e l'ottimizzazione del processo di combustione di combustibili a basso potere calorifico ottenuti da processi di trasformazione di biomasse rappresentano l'obiettivo fondamentale di tale Linea. Questo obiettivo è stato perseguito nel 2012 attraverso lo studio e lo sviluppo di tecnologie e sistemi di combustione, di sistemi energetici integrati per la produzione di biocombustibili liquidi e gassosi, di componenti per lo sviluppo di un prototipo di impianto di turbina a gas a combustione esterna, di un ciclo Sabatier modificato per la generazione di syngas ottimizzato per combustione in MGT. Ciò ha richiesto attività di laboratorio per lo studio dei processi di base ed attività su impianti di scala pilota. In particolare, sono state condotte le seguenti attività specifiche:

- sperimentazione su microturbina da 100 kWe alimentata con biocombustibili;
- studio delle proprietà di combustione di biocombustibili liquidi in sistemi di laboratorio e relativa modellazione;
- Impianto di turbina a gas a combustione esterna da 10 kW elettrici alimentato a biomasse o da altro combustibile solido a bassa densità energetica;
- applicazioni di diagnostica avanzata per l'ottimizzazione dei parametri di combustione;
- screening esplorativo di biocombustibili di terza generazione da biomassa algale;
- simulazioni numeriche della combustione in microturbina alimentata con gas di diversa composizione e potere calorifico;
- produzione e caratterizzazione di olio di pirolisi da biomassa lignocellulosica;
- caratterizzazione di un sistema di gassificazione completo innovativo;

- combustione in bomba di miscele metano-idrogeno a pressione tipiche di MGT e turbine industriali;
- sviluppo di processi catalitici per la produzione di biocombustibili da biomasse di scarto da utilizzare in microturbine.

Il know-how derivato dalle numerose attività condotte nelle annualità precedenti, è stato focalizzato in poche linee di ricerca, data la notevole contrazione del finanziamento. In particolare, sono sviluppati i due temi "*Biomasse e biocombustibili da alghe*" e "*Sistemi di generazione/cogenerazione di taglia media e piccola alimentati con biomassa o biogas*". Il primo tema affronta le problematiche relative al pretrattamento di biomasse algali ed alla produzione ed upgrading di biocombustibili da alghe. Le attività hanno esaminato le problematiche della filiera completa di coltivazioni vegetali ad hoc, ancorché non in competizione con l'alimentazione umana per quanto riguarda sia il prodotto in sé sia lo sfruttamento e sottrazione di suolo utilizzabile per coltivazioni alimentari. In particolare, le attività hanno riguardato lo studio dei singoli sottosistemi/processi per la produzione della biomassa algale (crescita, raccolta, essiccamento, ecc.); lo studio dei processi di estrazione di biocombustibili liquidi ed del loro upgrading; la caratterizzazione dei biocombustibili prodotti. E' inoltre valutato l'utilizzo di biomassa per la produzione di bio-slurry. Attraverso tale approccio sono state investigate le potenzialità energetiche della biomassa tal quale in una filiera tecnologica parallela alla conversione termochimica. Tale metodologia è stata anche utilizzata per lo sfruttamento energetico del biochar prodotto nei processi di estrazione termochimica dei biocombustibili.

Per quanto riguarda il tema "*Sistemi di generazione/cogenerazione di taglia media e piccola alimentati con biomassa o biogas*", gli studi sono focalizzati sui sistemi di generazione/cogenerazione di taglia media e piccola basati su cicli Rankine a fluido organico e micro turbine a gas. Per quanto concerne il ciclo Rankine a fluido organico (ORC), è in corso di valutazione la possibilità di sfruttamento dell'energia termica proveniente dalla combustione di biomasse. Tale tecnologia è di particolare interesse perché lo sfruttamento dell'energia termica ottenuta per combustione di biomassa attraverso un circuito secondario ORC permette l'utilizzazione di una ampia gamma di tipologie biomassa e biocombustibili derivati (pellet, cippato, biogas, ecc.) evitando modifiche progettuali sul circuito ORC stesso. Sono inoltre affrontate le problematiche relative all'uso di biogas prodotto dalla digestione anaerobica di biomasse in una micro turbina a gas commerciale adatta alla realizzazione di un nodo locale di una smart grid.

Valutazione delle prestazioni di un ciclo integrato di produzione e combustione MILD di biocombustibili da residui e scarti agricoli

La gassificazione di biomasse al fine di produrre combustibili utilizzabili in sistemi per la generazione o per l'autotrazione è una delle tecniche

classicamente indicate quali possibili vie per la valorizzazione di scarti e rifiuti di origine organica. Queste tecniche, oltre a molti pregi, presentano alcuni problemi tra i quali quello del trattamento del residuo solido carbonioso prodotto nel processo di gassificazione. Infatti, tale residuo non può essere utilizzato tal quale ma necessita di un trattamento di inertizzazione o di ricondizionamento prima di poter essere utilizzato come materiale inerte. Molto spesso il destino finale di tale materiale è la discarica. Una possibile risposta a tali problemi è quella di mettere a punto sistemi di pirolisi delle biomasse che producano un residuo carbonioso che possa essere riutilizzabili direttamente. Il problema principale di tali tecniche è la minore qualità (minore potere calorifico e presenze significative di inerti) del combustibile prodotto nel processo di pirolisi. Una possibile soluzione al problema è quello di disegnare processi capaci di utilizzare in maniera ottimale tali combustibili. A tale scopo la classe di processi di combustione che avvengono con alta temperatura dei reagenti ed elevato livello di diluizione (cosiddette condizioni MILD o HiTAC) sono particolarmente promettenti. Infatti, in essi il basso potere calorifico del combustibile impiegato viene compensato dal preriscaldamento dei reagenti e la presenza di inerti non è rilevante. Obiettivo è la realizzazione di un sistema integrato di produzione/ossidazione/post-trattamento che, a partire da residui organici o scarti agricoli o biomasse per mezzo di processi di idro-demolizione ovvero di idro-gassificazione a temperatura ridotta, eventualmente in pressione, permetta di produrre un combustibile, contenente CO e idrogeno e percentuali più o meno rilevanti di altri composti organici o inorganici, adatto per un utilizzo diretto in sistemi di combustione MILD.

Le attività di ricerca specifiche sviluppate in tale Tema nel 2012 sono:

- Analisi modelli cinetico chimici per l'idrodemolizione di biomasse.
- Messa a punto modelli cinetici per l'idro-ossidazione MILD.
- Produzione del biocombustibile e caratterizzazione on line dei prodotti della idropirolisi.
- Analisi delle reazioni chimiche in un ambiente altamente diluito.
- Caratterizzazione dei processi di ignizione ed ossidazione di miscele sintetiche simulanti i prodotti di pirolisi delle biomasse.
- Combustione MILD di bio-combustibile.

Il know-how derivato dalle numerose attività condotte è stato focalizzato in sole due linee di ricerca data la notevole contrazione del finanziamento. La linea "*Documentazione di potenzialità, disponibilità e caratteristiche di biomasse ai fini del loro impiego nella filiera*" ha come scopo la costituzione di un elenco di scarti vegetali all'interno del quale verranno selezionati, sulla base delle rispettive proprietà chimico-fisiche, i feedstock più adatti ad essere sottoposti ad un processo di idropirolisi. Obiettivo specifico è lo studio delle potenzialità e delle caratteristiche di feedstock ligno-cellulosici provenienti da scarti di lavorazioni e rifiuti in una realtà territoriale di riferimento. La linea

“Definizione delle condizioni ottimali di pre-trattamento e di processo per la trasformazione pirolitica di biomasse per la loro valorizzazione energetica” ha come obiettivo la definizione delle condizioni ottimali di pre-trattamento e di processo per la trasformazione pirolitica di biomasse per la loro valorizzazione energetica. I risultati di tale attività riguardano la caratterizzazione dei prodotti del processo di “steam pyrolysis” di un feedstock selezionato in funzione dei parametri operativi in termini di quantità, qualità e presenza di inquinanti inorganici.

Processi di combustione catalitica per turbine a gas a basso impatto ambientale alimentate con biocombustibile

Nei sistemi di combustione di turbogas alimentati con syngas e biocombustibili ricchi in idrogeno si utilizzano fiamme a diffusione per l'impraticabilità della premiscelazione a causa dei problemi di instabilità del processo reattivo e di flashback. Tali fiamme richiedono l'impiego di forti diluizioni con vapore, N₂ o acqua per il controllo delle emissioni di NO_x, ma, di fatto, il conseguimento di emissioni “single digit” risulta precluso. Del resto anche nei sistemi di combustione del tipo Dry-Low NO_x, una parte significativa del combustibile è bruciata in fiamme pilota a diffusione che sono necessarie per l'ancoraggio e la stabilizzazione della combustione premiscelata, ma che producono la maggior parte delle emissioni di thermal NO_x. Obiettivo del tema è lo sviluppo di un bruciatore full scale per microturbina con fiamma pilota sostituita da un combustore catalitico. Le attività di ricerca condotte in tale tema nell'ambito nel 2012 sono state:

- Preparazione di materiali compositi catalitici per processi di ossidazione elettrochimica di molecole organiche ed ossidazione di idrocarburi in fase gas.
- Sviluppo di sistemi di modellazione e calcolo di campi reattivi.
- Sviluppo di bruciatori ibridi innovativi “Ultra Low NO_x” con pilota catalitico.

Si è effettuato l'approfondimento conoscitivo e lo sviluppo tecnologico di un nuovo processo di combustione catalitica ibrida, quale soluzione ai problemi di impatto ambientale e stabilità/sicurezza di funzionamento legati all'impiego di (bio)combustibili ad alto tenore di idrogeno in sistemi turbogas (IGCC e CHP). Del resto l'installazione di sistemi di abbattimento secondario degli NO_x come l'SCR risulta economicamente impraticabile per impianti di piccola taglia (es. micro turbine) per la produzione distribuita di energia e calore. La principale sfida da affrontare riguarda il contenimento delle emissioni di NO_x in presenza di alti tenori di idrogeno nel combustibile senza dover ricorrere a costosi sistemi di post trattamento dei fumi (SCR) o forti diluizioni con vapore. Gli studi condotti hanno portato alla realizzazione di un bruciatore ibrido prototipale che separa il processo di combustione in due stadi (ossidazione parziale catalitica + fiamma secondaria). Su questo schema di concetto è stato realizzato un

prototipo di bruciatore catalitico ibrido atmosferico in scala pre-pilota e l'allestimento di una specifica infrastruttura sperimentale per la caratterizzazione funzionale dello stesso anche attraverso confronto diretto con bruciatori commerciali a gas a basse emissioni. La sperimentazione ha evidenziato una riduzione delle emissioni di NO_x, fino al 50% rispetto a un sistema a completa premiscelazione (a metano). I risultati più recenti hanno confermato le ottime prestazioni anche con alimentazione di combustibili ad alto tenore di H₂ (fino all'80%). Aspetti cruciali per l'efficacia del processo di combustione ibrida risultano lo sviluppo di catalizzatori strutturati ad alta resistenza per l'ossidazione parziale catalitica ad alta temperatura e breve tempo di contatto e l'accoppiamento termo-cinetico tra i due stadi di combustione eterogenea ed omogenea. L'attività è stata inoltre focalizzata sulla preparazione di materiali (elettro)catalitici costituiti da supporti porosi tri-dimensionali di nickel o Fecralloy (lega Fe-Cr-Al) modificati con (nano)particelle di metalli nobili (palladio, platino e rodio) ottenute attraverso processi di deposizione spontanea. Sono stati poi condotti gli studi relativi all'ottimizzazione delle condizioni di deposizione di metalli nobili su Fecralloy, alla preparazione di campioni di schiuma di Ni e Fecralloy (modificati con Pd, Pt e Rh) e alle proprietà elettrocatalitiche di schiume di Ni modificate con Pt ed Rh.

Efficienza

Negli ultimi anni, le politiche governative sono state finalizzate a limitare le emissioni di anidride carbonica, ridurre il consumo di energia primaria attraverso un aumento di efficienza nella produzione, distribuzione e uso finale, e aumentare l'utilizzo di fonti rinnovabili. Questi obiettivi tradizionalmente vengono perseguiti separatamente (es. conto energia, riqualificazione edilizia, titoli di efficienza energetica). Politiche non coordinate, però, possono provocare un ostacolo al raggiungimento della configurazione ottimale del sistema energetico integrato poiché possono alterare le richieste (elettrica, termica e per il raffrescamento), sia in termini di valori assoluti sia in termini di distribuzioni relative. Le ricerche condotte tendono ad affrontare alcune problematiche connesse alla razionalizzazione ed al risparmio di energia elettrica di sistemi energetici complessi nei settori civile, dell'industria e dei servizi. Verranno esaminati, in particolare, gli aspetti specifici relativi alla definizione di metodi e linee guida che aiutino a configurare e gestire in modo ottimale un sistema complesso considerando scenari nei quali si possa scegliere tra diverse fonti energetiche, sia fossili sia rinnovabili, e tra un'ampia varietà di tecnologie per il soddisfacimento delle domande elettrica, termica e frigorifera. Le attività sono state organizzate nelle seguenti due linee di ricerca:

- Risparmio di energia elettrica nel settore industriale/civile.
- Tecnologie catalitiche per il risparmio energetico in impianti di piccola taglia (civili e industriali).

La prima linea attiene alla valutazione ed ottimizzazione di schemi energetici, sulla base dei flussi energetici e degli usi finali. Le attività di ricerca presentano significative caratteristiche di innovazione, in quanto l'approccio proposto è di tipo sistemico mirato ad una completa integrazione delle principali e più moderne tecnologie esistenti sul mercato, al fine di ottenerne l'utilizzo ottimizzato in funzione delle diverse tipologie di utenze. Le attività hanno riguardato, innanzitutto, gli aspetti specifici relativi alla definizione di metodi e linee guida che aiutino a configurare e gestire in modo ottimale un sistema complesso considerando scenari nei quali si possa scegliere tra diverse fonti energetiche, fossili e rinnovabili, e tra un'ampia varietà di tecnologie per il soddisfacimento delle domande elettrica, termica e frigorifera. In particolare gli studi hanno riguardato l'individuazione delle tipologie tipiche delle utenze (industriale, terziaria, abitativa) interessabili all'utilizzo di microcogeneratori (micro cicli Rankine a vapore d'acqua o a fluido organico (ORC), motori Stirling, motori endotermici alternativi, microturbine a gas) della taglia elettrica compresa nell'intervallo 50-100 kW; la valutazione dei fabbisogni di energia elettrica, di energia termica per il riscaldamento e per l'uso sanitario e di energia per il raffrescamento degli ambienti per ogni tipologia di utenza individuata; l'individuazione dei sistemi energetici (fotovoltaico, il solare termico, i micro generatori eolici, i sistemi di riscaldamento a pompa di calore, anche a fonte geotermica, le caldaie a condensazione, i gruppi frigoriferi a compressione e/o ad assorbimento) adatti alla generazione distribuita, che per le loro caratteristiche sono integrabili con i microcogeneratori per il soddisfacimento dei fabbisogni delle utenze individuate; la simulazione di layout di impianti energetici basati su microturbine a gas e la valutazione della flessibilità e versatilità di utilizzo; l'analisi dei componenti di impianti energetici basati su microturbine a gas ed accoppiamento degli stessi per l'ottimizzazione del funzionamento globale dell'impianto al variare delle fonti energetiche, del carico elettrico e/o termico dell'utente finale; la caratterizzazione del sistema complessivo in termini di efficienza energetica ed impatto ambientale. Ulteriori attività, anch'esse concentrate sull'aspetto sistemico, hanno riguardato la riduzione dei consumi di energia nello sviluppo ed ottimizzazione di specifici processi industriali più consolidati ma estremamente energivori. Il primo è relativo alla produzione di idrogeno mediante elettrolisi che, rispetto allo steam reforming, evita la produzione di CO₂. Il secondo è relativo al processo di metanazione che è usato nell'industria sia per produrre metano da idrogeno e CO₂, sia per arricchire in metano i syngas prodotti da processi industriali.

Nel 2014 la riduzione dei fondi non ha consentito il proseguimento delle attività relative allo sviluppo ed ottimizzazione dei processi industriali di elettrolisi e metanazione. L'attività è stata, pertanto, focalizzata sullo sviluppo di strategie di gestione e controllo di una smart grid energetica, le quali permettano di compensare attraverso un uso efficiente dell'energia accumulata e di fonti programmabili, le variazioni di energia prodotta da fonti rinnovabili, legate alle

condizioni ambientali. In particolare, si è inteso perseguire il risparmio di energia elettrica attraverso lo sviluppo di elettrodi ad alta efficienza basati su materiali catalitici innovativi. L'attività è stata, pertanto, focalizzata sullo sviluppo di strategie di gestione e controllo di una smart grid energetica, le quali permettano di compensare attraverso un uso efficiente dell'energia accumulata e di fonti programmabili, le variazioni di energia prodotta da fonti rinnovabili, legate alle condizioni ambientali. In particolare, la modellazione numerica ha consentito di individuare, progettare e studiare le strategie di controllo dei singoli sottosistemi nonché della gestione dei flussi energetici interni al sistema nel suo complesso. L'obiettivo di tale attività consiste nella definizione, implementazione e validazione numerica di un modello di gestione dei flussi energetici della smart grid e nell'analisi delle performance del sistema di controllo ad inseguire richieste di carico tempo-varianti indipendentemente dalla variabilità delle fonti energetiche rinnovabili.

La linea "Tecnologie catalitiche per il risparmio energetico in impianti di piccola taglia (civili e industriali)" affronta l'utilizzo razionale dell'energia e la riduzione dei consumi specifici di energia in ambito residenziale. L'attività di ricerca mira a massimizzare la raccolta (thermal harvesting) e valorizzazione elettrica di una aliquota di calore altrimenti persa attraverso l'accoppiamento di generatori termoelettrici con sistemi di preconversione catalitica del combustibile. Tale accoppiamento consente di massimizzare l'efficienza elettrica dei sistemi TEG (generatori termoelettrici) già disponibili grazie all'attivazione di meccanismi di trasferimento di calore per irraggiamento ad alta temperatura e/o conduzione che sono di gran lunga più efficaci dello scambio termico per convezione. Per lo sviluppo industriale di questa tecnologia sono emerse specifiche criticità che riguardano il sistema catalitico su cui focalizzare l'attività di ricerca: i) eventuale presenza di veleni (in particolare zolfo) che richiede l'individuazione di formulazioni catalitiche specificamente sviluppate per contrastarne gli effetti deleteri sulle prestazioni; ii) durabilità dei catalizzatori sottoposti a condizioni operative particolarmente gravose in termini shock termomeccanici; iii) efficacia dei metodi di preparazione dei reattori catalitici strutturati e riduzione dei relativi costi con riferimento all'impiego ottimale di fase attiva e substrato strutturato ; iv) ottimizzazione delle prestazioni catalitiche in funzione del tipo di combustibile impiegato e dell'accoppiamento con lo stadio di combustione omogenea. Per quanto riguarda i materiali catalitici strutturati per ossidazione parziale di idrocarburi e biocombustibili, sono stati preparati e caratterizzati catalizzatori composti da schiume di Fecralloy (lega ferro, cromo, alluminio) modificate con nanoparticelle palladio e rodio mediante deposizione elettrochimica. Sono stati inoltre individuati e caratterizzati nella reazione di ossidazione catalitica parziale di metano nuovi catalizzatori ad alta resistenza allo zolfo basati su Rh-P. Nel 2014, tali attività sono focalizzate sulla realizzazione e caratterizzazione (morfologica, strutturale) di schiume di Fecralloy modificate con platino, sulla

ottimizzazione delle condizioni di (elettro)deposizione delle nano particelle e monitoraggio del processo con metodo d'impedenza, sulla caratterizzazione funzionale di catalizzatori strutturati nanoPt-Fecralloy per la combustione del metanolo.

3.3.3 Sistemi elettrochimici per la generazione e l'accumulo di energia

Le attività condotte sono state volte ad affrontare, attraverso un approccio multidisciplinare ed in collaborazione con gli altri attori della RdS (ENEA ed RSE), le sfide tecnologiche poste dalla profonda trasformazione del sistema elettrico nazionale. Per sostenere i futuri requisiti in termini di efficienza, disponibilità e flessibilità di accesso, le reti di trasmissione elettrica europee subiranno nel prossimo futuro modifiche sostanziali che necessitano lo sviluppo di nuove architetture d'impianto e di dispositivi che ne incrementino la flessibilità e la capacità di gestire un numero crescente di generatori modificando l'attuale schema prettamente "distributivo" in "distribuito" con notevole riduzione delle taglie degli impianti di generazione. La piattaforma tecnologica europea "Smart Grids", attraverso la Strategic Research Agenda, identifica il cliente finale come un attore del futuro scenario energetico, consentendogli di potere scambiare attivamente energia con la rete di distribuzione elettrica. A ciò si aggiunge che, al fine di sfruttare appieno i vantaggi della micro-generazione distribuita (incluse le Fonti Energetiche Rinnovabili), sarà indispensabile seguire un approccio integrato dove la Generazione Distribuita, sia che essa alimenti la rete in modalità stand alone che nel caso sia pienamente integrata nella rete di distribuzione fungendo da elemento attivo della stessa, dovrà garantire elevati standard qualitativi in termini di resilienza e di affidabilità. Ad esempio, l'intermittenza e l'imprevedibilità delle principali fonti energetiche rinnovabili quali l'eolico, il solare fotovoltaico o altre tecnologie, possono creare effetti considerevoli sull'intero sistema di generazione di potenza. Ciò può avere ricadute sulle qualità della fornitura e sui margini di sicurezza e conseguentemente sui costi operativi e di gestione.

Uso coordinato di sistemi elettrochimici di generazione ed accumulo di energia

Le attività condotte in collaborazione con ricercatori di Università italiane hanno evidenziato i benefici apportati al sistema elettrico dall'adozione di microreti con consistente penetrazione di accumulo distribuito e controllo e gestione centralizzato, e conseguente riduzione della necessità di investimenti nel sistema di distribuzione per accogliere la generazione distribuita, con una evidente ricaduta sui costi di gestione del sistema elettrico nazionale. La possibilità di rendere contemporaneamente disponibile sia la potenza attiva sia la potenza reattiva (grazie alla presenza dei convertitori statici con cui i sistemi di accumulo si interconnettono alla rete in alternata) può contribuire alla riduzione delle perdite in una rete di bassa tensione e al miglioramento del loro

profilo delle tensioni. In particolare, è stato studiato un sistema di distribuzione dell'energia elettrica in cui sono presenti più impianti di produzione dell'energia elettrica che utilizzano energia solare (impianti fotovoltaici) e energia eolica (impianti eolici). A ciascun impianto è stato associato un sistema di generazione celle a combustibile di tipo SOFC, e un sistema di accumulo contemplando differenti tecnologie (piombo, ZEBRA, Redox). Gli impianti svolgono il servizio di energia, il servizio di inseguimento del carico (load following), e, in maniera integrata tra loro, la regolazione della tensione e la compensazione delle distorsioni delle forme d'onda e delle dissimmetrie. Le regolazioni di sistema sono effettuate grazie alla presenza di un sistema di supervisione e controllo che opera in modo da dividere opportunamente le azioni di compensazione necessarie al sistema elettrico nel suo complesso tra i vari impianti con celle SOFC presenti.

Micro-generatore SOFC e sviluppo di un sistema microCHP ibrido SOFC-ZEBRA

Le attività condotte hanno permesso di identificare potenzialità e limiti delle celle a combustibile (in questo caso SOFC) per applicazioni domestico-residenziali in generazione distribuita consentendo di identificare potenziali sviluppi per l'avvio dell'adozione su larga scala di tali sistemi. Il prototipo utilizzato per l'analisi è un micro-cogeneratore SOFC con potenza elettrica pari a 500We alimentato a gas naturale di rete che ha dimostrato un'efficienza elettrica superiore alle tecnologie concorrenti (35%) ma costi ancora non adatti alla commercializzazione su larga scala. Sono stati identificati percorsi di sviluppo di sistemi integrati con pompe di calore o con batterie ZEBRA operanti ad alta temperatura, che hanno evidenziato elevati potenziali in quanto assicurano:

- il primo, efficienze energetiche totali (elettrica più termica) elevate, anche superiori alle attuali caldaie a condensazione, con la possibilità di generare anche il freddo per la climatizzazione estiva;
- il secondo, una elevata capacità di risposta ai carichi elettrici variabili, e quindi particolarmente adatti in applicazioni ibride con generatori da fonti energetiche rinnovabili (eolico, fotovoltaico).

Il sistema ibrido offre la possibilità di modulare istantaneamente sia la generazione sia la disponibilità ad accumularne i surplus senza obbligatoriamente intervenire sugli utenti finali riducendo, ove necessario, i carichi oppure la generazione consentendo un più razionale uso delle risorse energetiche e delle relative infrastrutture. Di fatto l'ipotesi offerta dal sistema ibrido consente di replicare quanto già avviene nella regolazione del sistema elettrico nazionale riproducendo pratiche e modelli di gestione in chiave "distribuita" con i benefici attesi che, come rilevato da più studi e valutazioni, tale dimensione appare consentire. Sempre più frequentemente, la mancata generazione nel caso di impianti da fonti rinnovabili non differibili (eolico e fotovoltaico) obbliga ad una mancata generazione (in realtà ad una mancata

immissione in rete dell'eventuale produzione) che, nel caso dell'eolico si traduce in un doppio costo per il sistema Paese: un mancato approvvigionamento da fonti endogene e un costo comunque sostenuto per i meccanismi di incentivazione dell'eolico (nel caso in cui questi siano presenti) o come mancati introiti per i proprietari degli impianti. I sistemi centralizzati di generazione e regolazione che oggi sostengono il sistema elettrico nazionale e le reti di trasmissione e distribuzione devono essere profondamente ripensati e, nei fatti, stanno subendo profonde modificazioni con elevati investimenti a carico dei TSO e DSO. Come rilevato da più parti, l'adozione di un sistema più decentralizzato potrebbe consentire di distribuire i necessari investimenti tra una più numerosa compagine di attori del sistema elettrico ed energetico in senso lato (ESCo, Utilities, Utenti finali, produttori e auto produttori). Il sistema sviluppato è capace di integrare le funzionalità di accumulo, generazione e gestione dell'energia elettrica.

Batterie operanti ad alta temperatura

Le attività condotte, con l'obiettivo di sviluppare celle a geometria planare con significative riduzioni di costo e una elevata flessibilità in termini di configurazione della batteria (tensione, potenza, energia) rispetto allo stato dell'arte, hanno ad oggi consentito di sviluppare nuovi elettroliti (beta"-allumina) planari con le necessarie caratteristiche meccaniche e chimico-fisiche (conducibilità). Tali elettroliti saranno la base per la realizzazione di un primo prototipo di cella planare NaNiCl (avanzamento rilevante nel panorama mondiale).

Batterie Vanadio-Redox

Tale tecnologia ha elevati potenziali in applicazioni di grande potenza (MW) per il bilanciamento delle reti elettriche, tuttavia, seppur sono stati realizzati alcuni impianti (Cina, USA), interventi migliorativi sono necessari per poter renderla competitiva. Le attività di ricerca, svolte con l'obiettivo di superare gli attuali limiti della tecnologia in termini di permeabilità delle membrane al Vanadio (con ripercussioni sull'effetto di aut scarica di tali batterie) e limitata interazione elettrodo/elettrolita (con riflessi sulla densità di potenza e sui consumi degli ausiliari), hanno condotto allo sviluppo di un prototipo di batteria Vanadio-redox con migliorate prestazioni rispetto allo stato dell'arte. L'attività di ricerca ha permesso l'individuazione di materiali elettrodici e di metodiche innovative tali da poter offrire margini di miglioramento al fine della loro ottimizzazione in termini di cinetica di reazione all'interfaccia elettrodo/elettrolita. Inoltre, è stato verificato sperimentalmente come le membrane di polimero poliaromatico, alternative alle Nafion commerciali, pur avendo una conducibilità protonica inferiore ad esse in condizioni di $T=30^{\circ}\text{C}$, posseggano una permeabilità al VO_2^+ nettamente più bassa, dunque, selettività promettente per l'applicazione VRFB. Tali risultati, seppur parziali in quanto lo sviluppo e tutt'ora in corso, possono essere la base per la creazione di una filiera

nazionale per la manifattura di tale tecnologia in un settore che vede pochi attori a livello mondiale. Sono stati inoltre indagati nuovi materiali tra i quali il grafene ossido che saranno adottati per l'evoluzione del prototipo sviluppato.

Supercapacitori ibridi

L'obiettivo finale dell'attività è la realizzazione di un proof-of-concept di supercapacitore asimmetrico costituito da elettrodi contenenti carboni di alta area superficiale che possa erogare una potenza di circa 5 kW/kg per 15-20 sec e che dimostri un'energia specifica di 5-8 Wh/kg calcolata sull'intero dispositivo. Le attività condotte hanno permesso di individuare una composizione degli elettrodi ottimale per poter far funzionare il supercapacitore fino a voltaggi di 1.8 V. In particolare con un rapporto di 2.13, fra il carico di carbone sull'elettrodo positivo e quello sull'elettrodo negativo, sono stati ottenuti ottimi risultati in termini di capacità ed energia specifica. Infatti l'elevazione del voltaggio di cella a 1.8 V permette di ottenere un notevole guadagno sull'energia elettrica accumulata (energia specifica) che è stato determinato per il nostro capacitore essere di 17.5 Wh/kg. Questo valore risulta circa due volte più alto di quelli riportati per simili supercapacitori nella letteratura scientifica.

Batterie al litio con aumentata stabilità

Per estendere l'applicazione delle batterie a ioni litio allo accumulo stazionario e alla trazione è necessario diminuirne il costo e aumentarne la sicurezza operativa. I rischi operativi sono associati principalmente alla natura del materiale catodico e alla sua combinazione con l'elettrolita: in condizioni accidentali di sovraccarica, materiali catodici lamellari o con struttura spinello (ad esempio LiCoO_2 oppure $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$) possono rilasciare ossigeno che a seguito di surriscaldamenti localizzati, può portare alla combustione dei solventi elettrolitici con eventuale esplosione della cella. L'aumento della sicurezza operativa richiede la modificazione della chimica di base della batteria con la sostituzione dell'instabile ed infiammabile elettrolita organico con un sistema termicamente più inerte. Le attività condotte hanno consentito di raggiungere, anche attraverso collaborazioni internazionali, i seguenti risultati di rilievo:

- Realizzazione e caratterizzazione celle litio ione LTO/LFP a base di sistemi elettrolitici innovativi.
- Sviluppo di miscele di solventi a base di un liquido ionico e soluzioni di alchil-carbonati e loro applicazione in celle LTO/LFP.

Attraverso la sostituzione degli attuali componenti elettrolitici commerciali (soluzione organica infiammabile e instabile) con sistemi alternativi con una miscela a base di liquidi ionici in (non infiammabile e con elevata stabilità termica) si determina un aumento del grado di sicurezza ed affidabilità della batteria. Sono state avviate indagini su nuovi materiali tra i quali il grafene che saranno successivamente adottati per l'evoluzione del prototipo sviluppato. Tali

risultati possono essere la base per la creazione di una filiera nazionale per la manifattura di tale tecnologia in un settore in forte e continua espansione.

Sviluppo di sistemi integrati per la generazione, accumulo e gestione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili

Il sistema elettrico nazionale è in forte evoluzione soprattutto per quanto concerne le modifiche e gli investimenti necessari all'adozione di un numero crescente di impianti di generazione da fonti rinnovabili. La presenza di un sistema di accumulo consentirà di potere gestire il profilo di potenza immessa in rete ed inoltre, nel particolare caso di impianti connessi ad una rete locale (utente finale) la possibilità di potere combinare tale funzionalità (riduzione potenza immessa in rete) anche con funzionalità di Demand Side Management (islanding) o servizi di continuità. L'attività di ricerca ha condotto allo sviluppo di un dispositivo di power conditioning (inverter) integrante un sistema di accumulo avanzato (Litio o Zebra), una cella a combustibile SOFC e generatori da fonti rinnovabili (eolico, fotovoltaico) e lo scambio di energia con veicoli elettrici (Vehicle-to-grid, V2G). Il mercato degli inverter integranti sistemi di accumulo è attualmente in fase di espansione, con nuovi prodotti che consentono l'implementazione di logiche di autoconsumo. Il prototipo sviluppato nell'ambito del progetto, consente funzioni più evolute, quali la possibilità di rilasciare in rete energia attiva o reattiva, con conseguente possibilità di ricerca pre-normativa al fine di ampliare l'integrazione dell'utente finale nella gestione del sistema elettrico.

3.3.4 Condizionamento estivo

I picchi di domanda di energia elettrica sulla rete elettrica nazionale si verificano ormai stabilmente nei periodi estivi in connessione con le necessità di condizionamento degli ambienti. Una possibile soluzione per ridurre i picchi dei consumi elettrici nel periodo estivo consiste nell'utilizzo di impianti di condizionamento ad energia solare, sfruttando il fatto che la massima disponibilità di energia solare coincide proprio con il periodo di maggiore richiesta di raffrescamento degli ambienti. Inoltre questi impianti, opportunamente dimensionati, possono contribuire a fornire calore nel periodo invernale con notevole vantaggio dal punto di vista ambientale. Quindi il diffondersi degli impianti di "solar cooling" potrebbe determinare un beneficio in termini di riduzione delle emissioni di CO₂ connesso all'utilizzo dell'energia solare in sostituzione dell'elettricità. Tuttavia gli impianti prototipali fino ad ora realizzati in Italia sono pochi e per grandi utenze (centri commerciali, uffici, grandi complessi edilizi) a motivo anche delle taglie di macchine refrigeranti disponibili (20 - 300 kW). Ma per ottenere un effetto rilevabile sulla rete elettrica nazionale, per quanto concerne la riduzione dei picchi dei consumi elettrici, è invece necessaria un'ampia diffusione dei sistemi di solar cooling che potrà ottenersi solo se si espande l'applicabilità alle piccole ma numerosissime

utenze. Il progetto pertanto è stato finalizzato allo studio e sviluppo di sistemi e dispositivi di piccola taglia per la climatizzazione di abitazioni mediante l'uso di climatizzatori ad adsorbimento alimentati prevalentemente ad energia solare. I sistemi ad adsorbimento (che vengono studiati in questo progetto) presentano alcuni importanti vantaggi (silenziosità, impiego di materiali ed in particolare di refrigerante non inquinanti, bassi livelli di temperatura della sorgente termica) e possono essere configurati modularmente ed in taglie ridotte, adattandosi ad un impiego flessibile nel settore residenziale.

L'attività di ricerca ha avuto due indirizzi generali:

- lo sviluppo, realizzazione, prova e ottimizzazione di una macchina frigorifera ad adsorbimento di piccola taglia (< 10 kW) idonea per la specifica applicazione di climatizzazione ambienti utilizzando l'energia solare quale fonte energetica prevalente;
- la realizzazione, prova ed ottimizzazione di un impianto completo di solar cooling utilizzando macchine ad adsorbimento; lo scopo è quello di individuare le configurazioni ottimali per la massimizzazione delle prestazioni del sistema quando si utilizzano macchine ad adsorbimento.

Impianto di solar cooling con macchina ad adsorbimento

La linea progettuale riguarda l'impianto di solar cooling il cui dimensionamento, progettazione e parziale realizzazione era iniziata nell'ambito dello stesso progetto in tempi antecedenti. Esso consta di un campo di collettori solari a tubi evacuati, di accumulo termico e caldaia di back-up che alimentano una macchina ad adsorbimento commerciale da 8 kWf, accoppiata ad un dry cooler per lo smaltimento in aria ambiente del calore di processo, che climatizza un ambiente che è stato attrezzato con pannelli radianti. L'impianto è stato progettato di dimensioni tali da perseguire l'obiettivo di sviluppo di impianti di piccole dimensioni. L'impianto è stato strumentato al fine di poter misurare tutti quei parametri necessari al calcolo delle prestazioni del sistema. Il monitoraggio del sistema è stato effettuato per mezzo di un software appositamente progettato e realizzato il LabView. Tale strumento consente, tramite apposita interfaccia utente, di monitorare tutti i parametri istantanei di funzionamento dell'intero impianto. La conduzione dell'impianto ed il monitoraggio delle prestazioni hanno consentito di evidenziare che assume un ruolo determinante la gestione unitaria di tutti i componenti l'impianto. A tal fine, è stato sviluppato un sistema PLC che ha permesso di implementare una logica di controllo integrata per tutti i componenti appositamente ottimizzata per impianti di solar cooling. E' stata dimostrata l'efficacia dell'utilizzo di pannelli radianti quali terminali di impianto per la distribuzione del freddo prodotto a temperature più alte dei sistemi convenzionali. Si è dimostrato un buon funzionamento anche con temperature di acqua refrigerata a 16-18 °C. Ciò si dimostra appropriato per un più efficiente funzionamento delle macchine ad adsorbimento. I risultati

ottenuti hanno messo in evidenza l'importanza di alcuni componenti ai fini della resa della macchina frigorifera e dell'impianto nella sua globalità. Di particolare rilievo sono il sistema di accumulo del calore solare e il sistema di smaltimento del calore di processo in ambiente esterno. Per tale motivo sono stati avviati due specifiche attività riguardanti una indagine anche sperimentale sui materiali per accumulo termico a cambio di fase (PCM) e uno studio, mediante specifico software di simulazione, finalizzato alla comparazione di tre diversi metodi di smaltimento del calore: mediante dry cooler, torre evaporativa e sonde geotermiche. Una delle motivazioni che hanno spinto ad approfondire la ricerca verso il miglioramento del sistema di accumulo solare deriva dalle potenzialità offerte dai PCM. L'uso di tali materiali assicura una serie di vantaggi che consistono essenzialmente in una maggiore capacità di fornire un'alta densità di accumulo a condizioni quasi isoterme ed è uno dei metodi più efficienti per la conservazione di energia poiché consente di avere basse differenze di temperatura tra l'immagazzinamento e il rilascio del calore. Lo studio è consistito nella identificazione e una prima analisi sperimentale di materiali PCM attualmente disponibili, al fine di definire, con un primo screening, un insieme di materiali potenzialmente applicabili per la realizzazione di serbatoi di accumulo avanzati per impianti di solar cooling. L'analisi ha riguardato sia materiali commerciali che materiali ancora sperimentali, dei quali sono state verificate la stabilità delle proprietà termo-fisiche e la densità di energia immagazzinabile. I risultati della sperimentazione hanno mostrato che diversi campioni sono idonei per l'applicazione selezionata, grazie alla loro densità energetica, 140 - 240 kJ/kg, ben superiore all'obiettivo previsto dal progetto, 100 kJ/kg. Le prove sperimentali hanno altresì evidenziato che alcuni materiali risultano essere instabili a ripetuti cicli di fusione/solidificazione. Per confrontare diversi metodi di smaltimento del calore di processo in ambiente esterno (dry cooler, torre evaporativa e sonde geotermiche), è stato realizzato mediante software TRNSYS un confronto tra varie configurazioni impiantistiche per impianti di solar cooling, basandosi sui dati dell'impianto già installato presso il CNR ITAE. In particolare, è stato possibile effettuare simulazioni al variare delle condizioni operative del sistema e dei principali parametri di design (superficie collettori, volume accumulo) per impianti con diversi sistemi di smaltimento di calore, così da definire, nelle varie condizioni climatiche, il sistema con configurazione ottimale. Le simulazioni hanno confermato che l'efficienza del sistema di smaltimento del calore di processo è un parametro critico negli impianti di solar cooling installati nei climi mediterranei.

Sviluppo di un climatizzatore ad adsorbimento per l'uso in sistemi di solar cooling

E' stata sviluppata la progettazione esecutiva e la successiva realizzazione di una macchina frigorifera ad adsorbimento di piccola taglia (Fig.) utilizzando materiali adsorbenti e scambiatori di calore avanzati. A supporto della

progettazione sono stati impiegati i risultati dell'attività sperimentale, ed i risultati dei modelli di simulazione realizzati negli anni precedenti. Gli adsorbitori sono stati dimensionati in funzione della quantità di materiale adsorbente necessaria a garantire la produzione di 5 kW. Tale valore di potenza è stato stabilito preliminarmente sulla base delle esigenze specifiche dell'impianto di solar cooling. Attraverso un'apposita stazione di prova ubicata presso il Centro Prove del CNR ITAE sono stati indagati i parametri di influenza sulle prestazioni del prototipo di macchina ad adsorbimento, considerando in particolar modo le condizioni operative tipiche dei sistemi di solar cooling in aree mediterranee (alte temperature di condensazione). È stato valutato l'andamento del COP al variare di tali parametri, in modo da individuare le condizioni di funzionamento ottimali e da prevedere possibili miglioramenti nella gestione del sistema. Il COP massimo raggiunto dal prototipo durante tali test è stato di 0.62, mentre la potenza volumica raggiunta è stata di circa 7kW/m³. Tali indici prestazionali soddisfano pienamente i target previsti nel progetto. Una parte di attività rilevante per lo sviluppo delle macchine ad adsorbimento riguarda i materiali adsorbenti ed i componenti con particolare riferimento agli adsorbitori che costituiscono il componente fondamentale. L'approccio vincente, che ha da tempo posto il CNR-ITAE ed UNIME in posizione di riferimento europeo per la ricerca nel settore, consiste nell'approcciare il problema in maniera integrata fra sviluppo materiali e componenti con competenze multidisciplinari. Il fine ultimo, infatti, è quello di migliorare il contatto tra la superficie metallica dello scambiatore di calore dell'adsorbitore e il materiale adsorbente in modo da facilitare lo scambio termico.

L'attività di ricerca svolta negli anni precedenti sulle tecniche di rivestimento di superfici metalliche con zeoliti si era concentrata sullo sviluppo di due tecnologie fondate su due principi diversi, la "sintesi diretta" e il "rivestimento mediante leganti". Per sintesi diretta s'intende la tecnica per ottenere la deposizione di strati del materiale adsorbente direttamente sulla superficie del supporto facendo avvenire sulla superficie stessa la reazione chimica di formazione della zeolite. In alternativa, è stata studiata la possibilità di realizzare i rivestimenti di materiale adsorbente mediante l'impiego di opportuni agenti filmogeni in grado di creare uno strato di zeolite su una superficie metallica con la tecnica di "dip coating". Obiettivo inizialmente è stata la scelta del materiale adsorbente più adatto, che ha portato a concentrare l'attenzione sulle zeoliti denominate SAPO, selezionando tra queste quelle appartenenti ad una particolare famiglia di strutture cristalline, e cioè a struttura chabasitica (CHA), e di prepararle e caratterizzarle per l'applicazione specifica. Dopo opportuna sperimentazione si è giunti alla scelta della zeolite SAPO-34, quale materiale adsorbente, alla sua preparazione per sintesi e successiva caratterizzazione ed alla realizzazione di substrati metallici rivestiti dimostrando che il binomio è possibile non solo con tecniche di sintesi ma anche con tecniche alternative, come il dip coating. Sono state, inoltre, messe a punto

tecniche di caratterizzazione meccanica dei rivestimenti in modo da valutarne anche le proprietà di durabilità nel tempo. È stata quindi condotta un'attività sperimentale su campioni "in scala" di superfici alettate di scambiatori di calore che ha consentito di selezionare la tecnica di deposizione più efficace tra le due studiate e quindi produrre lo scambiatore finale. In particolare è stata ottimizzata una tecnica di rivestimento molto efficiente dal punto di vista della preparativa e l'attività di "scale up" del processo di deposizione ha dimostrato che la tecnica è estendibile a pezzi di dimensioni notevoli, con un buon controllo della qualità del rivestimento. Lo scambiatore rivestito mediante coating adsorbente, in cui il rapporto tra la massa di adsorbente e quella di metallo è maggiore rispetto alle precedenti realizzazioni, è stato testato mediante stazione di prova per sistemi ad adsorbimento fino ad 1 kW e ha mostrato elevata densità di potenza al variare delle condizioni operative (1300 W/kgadsorbente). Parallelamente è stato realizzato un nuovo impianto sperimentale per studiare, nelle reali condizioni operative, la dinamica di adsorbimento di materiali adsorbenti in forma granulare e consolidata, tale impianto rappresenta un rilevante passo avanti nello stato dell'arte per dispositivi di questo genere.

Allo scopo di proporre tipologie totalmente innovative di adsorbitori termicamente efficienti, la sperimentazione si è concentrata su materiali non convenzionali per gli scambiatori di calore, per esempio la grafite e i materiali carboniosi, ad elevata conducibilità termica e bassa densità. Sono stati realizzati ibridi zeolite/materiali carboniosi che hanno dimostrato promettenti proprietà in termini di efficienza termica e resistenza meccanica dell'adesione adsorbente-supporto. Le caratterizzazioni condotte su campioni di dimensioni ridotte (pochi centimetri quadrati) hanno consentito di ipotizzare un possibile "scale up" del sistema con cui sarà possibile realizzare un intero scambiatore di calore "ibrido". I promettenti risultati ottenuti hanno suggerito l'idea di un innovativo scambiatore di calore per macchine ad adsorbimento ad alta efficienza ed elevata potenza specifica. Pertanto è stato progettato uno scambiatore di calore modulare in grafite utilizzando un software di modellazione CAD 3D. Esso consiste essenzialmente di piastre di grafite assemblate analogamente alle piastre di una cella a combustibile. Ogni piastra è composta da un lato, detto di processo (in cui viene depositata la zeolite), e da un lato per il fluido termovettore (HTF) dove l'acqua fluisce per rimuovere il calore durante l'assorbimento e fornire energia termica per il desorbimento. L'opportuno accoppiamento ed assemblaggio consente di realizzare un adsorbitore compatto. Il concept proposto possiede alcune proprietà interessanti, soprattutto in termini di leggerezza, volume e capacità termica. Il rapporto massa scambiatore/ massa adsorbente è convenientemente inferiore a uno, che è un notevole progresso rispetto allo stato dell'arte documentato in letteratura da diversi autori. Per verificare la fattibilità del concept, tre tipologie di piatti di grafite con diversa morfologia superficiale sono state sottoposte a trattamenti di deposizione di

SAPO-34 sia per sintesi diretta sia con il metodo per “dip coating” ed ottenendo ottimi risultati in termini di spessore di deposizione e stabilità della stessa.

3.3.5 Tecnologie abilitanti per la ricerca di sistema elettrico: Componentistica e Materiali

L'ingegnerizzazione di materiali con funzionalità avanzate richiede generalmente lunghi tempi di sviluppo e costi elevati e ha bisogno di conoscenze e capacità di utilizzo dei meccanismi chimico-fisici di base e quindi il concorso di competenze multidisciplinari e approcci culturalmente diversi quali quelli delle nanotecnologie o della metallurgia fisica. Sul piano tecnologico-industriale si è assistito negli ultimi quindici anni allo sviluppo di progetti nazionali ed internazionali che hanno stimolato la collaborazione fra ricercatori provenienti dalla ricerca istituzionale e dall'industria per affrontare insieme i temi dell'efficienza energetica, del ricorso a fonti alternative e non convenzionali, della valutazione dell'impatto ambientale connesso al ciclo di vita di materiali e processi. Metodologie di ricerca multidisciplinari sui materiali possono contribuire efficacemente alle conseguenti scelte di sviluppo sperimentale e quindi, se opportunamente supportate, innescare un circolo virtuoso di coinvolgimento, crescita e sviluppo tecnologico dell'industria nazionale. Grazie a questa sinergia multidisciplinare, che ha permesso di superare molte problematiche legate all'integrazione dei processi produttivi tradizionali, materiali, componentistica e sistemi energetici sono stati oggetto di profonde innovazioni tecnologiche volte ad un miglioramento dell'efficienza nell'utilizzo dell'energia ed una diminuzione dei consumi. Alla base di questo progetto vi è stata la considerazione di carattere generale che una barriera significativa allo sviluppo di un dispositivo e quindi all'impiego di un nuovo materiale è la carenza di tecnologie produttive e delle necessarie conoscenze. Le attività di ricerca svolte nell'ambito del progetto, mirate allo sviluppo di materiali per l'energia e delle relative tecnologie abilitanti, rientrano fra le linee strategiche del CNR nell'ambito dei materiali per l'energia e sono state elaborate sulla base di considerazioni contenute nei Report del Energy Materials Working Group britannico e del Basic Energy Science Advisory Committee del US Department of Energy.

Conduttori elettrici non metallici per le alte temperature (2012) e Studio e sviluppo di membrane ceramiche per la purificazione di vettori energetici e combustibili a temperature medio-alte (2013-2014)

Lo studio è stato rivolto all'integrazione dei diversi materiali necessari alla messa a punto del sistema anodo-elettrolita per celle IT SOFC metal-free a conduzione protonica. Sono stati sviluppati diversi tipi di anodi supportanti e si è testata la formatura della semicella su diversi substrati, ottimizzando nel contempo gli anodi e le condizioni di deposizione del film elettrolitico per ottenere delle semicelle potenzialmente impiegabili. Sono state così ottenute

semicelle a conduzione protonica preparate su diversi supporti ed estesamente caratterizzate (elettrolita $\text{BaCe}_{0.65}\text{Zr}_{0.2}\text{Y}_{0.15}\text{O}_{3-\delta}$ su cermet anodico $\text{Ni-BaCe}_{0.65}\text{Zr}_{0.2}\text{Y}_{0.15}\text{O}_{3-\delta}$) in configurazione ad anodo supportante.

È stata poi condotta una campagna di sperimentazione sistematica di correlazione tra parametri di processo e caratteristiche funzionali di elettroliti a base di $\text{BaCe}_{0.65}\text{Zr}_{0.2}\text{Y}_{0.15}\text{O}_{3-\delta}$ allo scopo di sviluppare metodi di preparazione economici ed ingegnerizzabili quali la sintesi da stato solido (SSR) ed energeticamente efficienti quali la sinterizzazione reattiva coadiuvata dalle microonde, per l'impiego in tecnologie di EES quali le batterie Na-Ni. Successivamente l'attività è stata finalizzata alla sperimentazione di componentistica innovativa a base di conduttori ceramici a conduzione mista (cationica - O^{2-} allumina drogata e ionica -GDC, BCZY, cermet), da impiegarsi per l'upgrading del syngas mediante l'estrazione/accumulo selettivo di H_2 come vettore energetico a temperature medio-alte. L'obiettivo finale dell'attività (pianificata nell'arco di tre anni), è mettere a disposizione degli operatori del sistema elettrico membrane ceramiche stabili chimicamente e meccanicamente in atmosfere di CO_2 e H_2O con valori di permeabilità d'idrogeno 10^{-7} - 10^{-8} mol cm^{-2} s^{-1} a 700 °C. In questo periodo di attività è stato allestito un nuovo laboratorio di preparativa adatto all'uso dell'idrogeno e sono state ottenute le prime membrane a conduzione mista.

Materiali termoelettrici (2012-2013)

Facendo riferimento alle problematiche di razionalizzazione e risparmio dell'energia elettrica, sono state sviluppate ed estesamente caratterizzate diverse tipologie di materiali termoelettrici (ossidi di composizione generale La/Sr/Co/O (ad es. $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{1.2}\text{CoO}_4$), Ca/Co/O (CCO) o Na/Co/O, titanati di stronzio, siliciuro di magnesio) per la conversione in elettricità di calori residui in diversi intervalli di temperatura tra 450 e 1000 °C. La ricerca ha principalmente investigato le correlazioni tra struttura e conducibilità termica ed elettrica allo scopo di ottimizzare la figura di merito dei sistemi studiati e di mettere a punto di metodiche di sintesi più efficienti e sostenibili. Parte dell'attività è stata indirizzata con successo allo sviluppo di strumentazione per la misura simultanea di coefficiente di Seebeck e potere termoelettrico. L'attività ha compreso anche la modellazione FEM multiphysics per l'individuazione dei parametri progettuali di elementi e moduli termoelettrici planari basati su siliciuro di magnesio e manganese. L'attività svolta nell'ambito della modellazione numerica dei fenomeni termoelettrici è stata orientata alla simulazione e progettazione di moduli pensati per generazione termoelettrica (TEG). In particolare, le analisi numeriche sono state sviluppate per valutare le geometrie ottimali di moduli costituiti da coppie di semiconduttori p e n, rispettivamente in siliciuro di manganese (fasi HMS) e siliciuro di magnesio (Mg_2Si drogato con bismuto), per ottenere la massima efficienza. La procedura numerica utilizzata corrisponde al metodo degli elementi finiti ed è stata

testata, nella fase preliminare del lavoro, per riprodurre numericamente risultati ottenuti sperimentalmente su una singolo elemento di tipo n di Mg_2Si . La seconda fase della modellazione FEM è stata sviluppata, in regime stazionario, su un modulo a 16 elementi. Il modulo considerato è composto da gambe p in siliciuro di manganese (HMS) e gambe n in siliciuro di magnesio (Mg_2Si drogato Bi), con diversi valori del rapporto delle sezioni A_p/A_n e con $\Delta T=500$ K. Scopo di queste modellazioni è la determinazione dei migliori parametri progettuali in funzione di efficienza complessiva di conversione e della potenza massima.

Nanofluidi (2012-2014)

L'attività è stata indirizzata allo studio di nanofluidi termovettori e lubrificanti con incremento del coefficiente di scambio termico intorno al 5% rispetto al fluido base, estesamente caratterizzati (caratterizzazione termica, dimensionale, reologica e tribologica) e di cui sono state messe a disposizione le schede tecniche di utilizzo e impiego. Sono stati preparati e analizzati nanofluidi preparati stabili sviluppandone le metodiche di sintesi (a singolo step o a doppio step). Ne sono state testate viscosità e conducibilità termica, e dei più promettenti è stato misurato lo scambio termico. Sono stati testati numerosi nanofluidi commerciali per valutarne l'opportunità di impiego in applicazioni di interesse ($20 < T < 100$ °C). Parte dell'attività è stata dedicata alla ricerca strumentale. Sono stati progettati e assemblati in laboratorio un apparato di misura della conducibilità termica che sfrutta l'effetto fotoacustico e che può essere utilizzato con nanoparticelle di natura magnetica e un apparato di misura del coefficiente di scambio termico a flusso termico imposto e costante. Gli studi condotti stanno dimostrando, su scala di laboratorio, che oltre alle proprietà di scambio termico, i nanofluidi ottenuti da oli possiedono proprietà lubrificanti notevolmente superiori ai fluidi base. Quindi, anche se i nanofluidi, nel senso generale del termine, nascono principalmente per applicazioni di tipo termico, i nanorefrigeranti/nanolubrificanti rappresentano un nuova categoria di fluidi che possono rendere più efficienti le tecnologie di multi-generazione migliorandone la resistenza all'usura e permettendo di diminuire i volumi di fluido impiegato, e quindi gli ingombri, e aumentando i tempi di vita dei motori. Come fluidi base sono stati quindi testati, oltre ad acqua e glicole, un olio PAG (polialchilenglicole) additivato con nanoparticelle di Al_2O_3 e di ZnO che hanno mostrato a fronte di un incremento della conducibilità termica rispetto al lubrificante base, una notevole riduzione del coefficiente di attrito in regime idrodinamico.

Rivestimenti barriera per la protezione da corrosione chimica e radioattiva ad alta temperatura dei materiali strutturali di turbine a gas

L'aumento dell'efficienza nella generazione dell'energia elettrica passa attraverso un aumento delle temperature di esercizio e richiede il continuo sviluppo di nuovi materiali in grado di essere sottoposti a forti sollecitazioni

chimiche e meccaniche alle alte temperature. Ciò significa che in numerose tecnologie per la produzione di energia, la componentistica opera in condizioni estremamente gravose che inducono un rapido degrado delle proprietà funzionali dei materiali strutturali. Le turbine a gas occupano un ruolo di primaria importanza nell'ambito delle tecnologie di produzione di energia elettrica che operano ad elevate temperature e le sue componenti meccaniche sono sottoposte alla combinazione di elevate temperature e sforzi meccanici in presenza di contaminanti ambientali e di processo, come sodio, zolfo, vanadio e cloro. La deposizione di rivestimenti in grado di proteggere questi materiali in condizione di corrosione a caldo è probabilmente l'approccio più efficace anche quando sono usate leghe base ad elevata resistenza. L'utilizzo dei rivestimenti ha il vantaggio di separare le prestazioni strutturali da quelle di protezione e superficiali. Sono stati prodotti film multilayer di leghe TiN, AlTi e AlTiN con la specifica finalità di aumentare la resistenza alla ossidazione di superleghe. Partendo dallo stato dell'arte, sono stati utilizzati substrati in acciaio inox AISI 304 (costituisce oltre il 50% dell'acciaio inox prodotto al mondo), materiale impiegato nelle palettature delle turbine a vapore e in lega alluminio/titanio (46/54) industrialmente usate negli stadi "freddi" delle turbine a gas e oggetto di studio per gli stadi "caldi". In particolare sono stati utilizzati acciaio inox (e una lega a base di AlTi di composizione media Al ~ 46% at. e Ti ~ 54% at. Per ottenere film densi e compatti è stata condotta la progettazione di un sistema High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS fig.) per lo studio e la deposizione di rivestimenti densi, a morfologia e struttura controllate. L'High-Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS) è una tecnica introdotta alla fine degli anni '90. Questa tecnica permette la deposizione di rivestimenti ad alta densità, ad elevata adesione al substrato, con microstruttura, fase e stress residui finemente modulabili a seconda della particolare applicazione. Permette, inoltre, la deposizione di film con proprietà omogenee anche su superfici complesse e la sua scalabilità è già stata efficacemente testata per applicazioni di nicchia. È utilizzata per un vasto numero di applicazioni tra cui la crescita di film di metalli e leghe metalliche e ha trovato applicazione nella produzione di rivestimenti duri, in elettronica ed in ottica. Per confronto, i rivestimenti sono stati depositati anche mediante altre tecnologie PVD e PLD, confermando la grande affidabilità ed efficacia dell'HiPIMS in termini di adesione e omogeneità dei film depositati e della loro velocità di crescita. Sono state studiate le correlazioni processo-struttura-proprietà, utilizzando nuove metodologie che permettono di comprendere le reali prestazioni funzionali di esercizio sulla base dello studio delle proprietà nanomeccaniche e tribologiche. È stato così verificato che le diverse tecnologie di deposizione portano alla crescita di microstrutture differenti, caratterizzate da elevata densità ma diversa durezza.

3.3.6 Sviluppo sperimentale di architetture in corrente continua per la ricarica rapida dei veicoli Full Electric (BEV) ed Ibridi Plug-in (PHEV) e valutazione di strategie di gestione per l'integrazione efficiente con rete elettrica e fonti rinnovabili in contesti Smart Grid

La diffusione di veicoli elettrici ed ibridi di tipo plug-in è attualmente influenzata da diversi fattori abilitanti, tra cui la maturità tecnologica dei sistemi di accumulo e relativi costi, gli investimenti da parte dei principali costruttori di veicoli e la diffusione di adeguate infrastrutture di ricarica. Negli ultimi anni è riscontrabile un sostanziale sviluppo dei sistemi di accumulo dell'energia elettrica, grazie fondamentalmente ad avanzamenti tecnologici sulle chimiche di accumulo basate sui composti del litio. Ciò ha indotto alcuni dei principali costruttori automobilistici a concentrare investimenti sulla produzione di nuovi veicoli a trazione elettrica. Pertanto la diffusione della mobilità elettrica resta ad oggi strettamente legata allo sviluppo e disponibilità di adeguate infrastrutture di ricarica, in grado di garantire nel contempo facilità di accesso da parte degli utenti, elevate potenze ed efficienze di ricarica adeguate. La letteratura attualmente disponibile riguardo alla suddetta tematica si riferisce prevalentemente a studi di tipo previsionale, basati sulla identificazione di possibili scenari di diffusione dei veicoli elettrici, e ad analisi sullo stato dell'arte delle attuali tecnologie, supportate da relative attività di simulazione e studi di fattibilità. Dalle precedenti considerazioni deriva la necessità di colmare la forte carenza di conoscenza sulle strutture di ricarica dedicate alla mobilità elettrica, basata su applicazioni reali sperimentali. Ne segue quindi il recente interesse della ricerca scientifica e tecnica verso lo sviluppo di specifiche architetture di potenza basate su sistemi di conversione innovativi, che consentano di ridurre notevolmente i tempi di ricarica dei veicoli elettrici, con particolare attenzione alle ripercussioni che tali tipologie di ricarica hanno sulla rete elettrica. Inoltre, nel caso di applicazioni V2G e di generazione distribuita, risulta necessario approfondire alcune problematiche di interfacciamento con la rete, come ad esempio quelle di sincronizzazione e l'islanding, tenendo tra l'altro conto delle normative che definiscono i limiti delle emissioni di armoniche di tensione e corrente in rete. Gli studi fino ad ora svolti dall'unità di ricerca sono inoltre motivati da una crescente penetrazione nella rete elettrica nazionale di impianti di produzione basati sui fonti di energia rinnovabile e di sistemi di generazione distribuita, i quali richiedono una significativa innovazione nella gestione delle reti di trasmissione e distribuzione, per poter integrare quote crescenti di intelligenza e di flessibilità.

Studio degli scenari di diffusione dei veicoli a trazione elettrica in Italia

Nell'ambito di questa attività è stata svolta una analisi degli scenari relativi alle future quote di mercato per i veicoli elettrici ed ibridi di tipo plug-in. Per tali valutazioni sono stati considerati come fattori determinanti, sia lo sviluppo futuro delle prestazioni dei sistemi di accumulo e che delle infrastrutture di

ricarica. Dalle analisi numeriche effettuate risulta che, nonostante lo sviluppo di veicoli puramente elettrici è previsto evolversi in maniera piuttosto limitata, l'accesso alle infrastrutture di ricarica può essere considerato come la prima barriera da superare per lo sviluppo della mobilità elettrica su larga scala. Infatti uno scenario ottimistico di sviluppo delle infrastrutture di ricarica prevede il raddoppio sia dei veicoli puramente elettrici che dei veicoli ibridi plug-in in circolazione, fino a renderli confrontabili in termini di diffusione con quelli di tipo tradizionale. Inoltre i progressi dei sistemi di accumulo, in termini di prestazioni e costi, sono possibili sia nel breve che nel lungo termine e potrebbero sicuramente migliorare l'autonomia ed il costo complessivo del veicolo. Ciò rappresenterebbe il secondo fattore abilitante per lo sviluppo futuro del mercato dei veicoli a trazione elettrica ed in particolare dei veicoli puramente elettrici.

Dimostratore di laboratorio

Nell'ambito delle attività svolte dall'unità operativa dell'Istituto Motori è stato progettato, realizzato e collaudato un prototipo di micro-grid per la ricarica veloce di veicoli elettrici al fine di eseguire studi sperimentali di laboratorio. Lo scopo di questi test è stato rivolto allo studio ed alla valutazione delle caratteristiche operative della stazione di ricarica, basata su architettura DC, operante in combinazione con pacchi batteria di diversa tipologia per veicoli elettrici ed ibridi, tenendo in conto le strategie di controllo dei convertitori di potenza richieste per le operazioni di carica/scarica. In particolare in Figura 1 è riportata una schematizzazione della architettura di ricarica in corrente continua realizzata presso i laboratori dell'Istituto Motori ed alcuni dei principali risultati sperimentali ottenuti. Questa architettura è caratterizzata dal principale vantaggio dal disaccoppiare il carico DC, rappresentato dai veicoli elettrici in ricarica, dalla rete di alimentazione AC. In tal modo il sistema di accumulo stazionario di energia lavora come buffer di potenza, supportando la rete durante le fasi di ricarica veloce dei veicoli. Inoltre con questa tipologia di architettura l'energia elettrica proveniente dalle fonti di energia rinnovabili in DC, come ad esempio i pannelli fotovoltaici, non richiede alcuno stadio di conversione AC/DC e può essere direttamente fornita al bus DC per mezzo di convertitori di potenza ad elevata efficienza di tipo DC.

Gestione dei flussi energetici

Con riferimento al dimostratore di laboratorio è inoltre stata condotta una attività di simulazione, basata su librerie Sim-PowerSystem di Matlab-Simulink, al fine di valutare le diverse strategie di gestione e controllo dei flussi di potenza che caratterizzano la architettura di ricarica individuata. Per la suddetta architettura è stato proposto uno schema di controllo di tipo gerarchizzato finalizzato alla gestione dei flussi nelle diverse condizioni operative: V2G, ricarica rapida, funzionamento ad isola. Le logiche di controllo identificate in fase di simulazione sono state quindi applicate al dimostratore di

laboratorio, grazie ai sistemi di acquisizione e controllo disponibili. Inoltre, al fine di acquisire, filtrare, monitorare e controllare i principali parametri di funzionamento, durante i test è stata implementata una specifica interfaccia software basata sull'ambiente Labview. In questo modo è stato possibile caratterizzare sperimentalmente il dimostratore nelle diverse condizioni operative attraverso una specifica attività di impostazione e controllo dei singoli convertitori di potenza. I risultati ottenuti durante i test hanno quindi confermato le elevate prestazioni dell'architettura proposta, sia in termini di efficienza che di impatto in rete durante le fasi di ricarica rapida.

Convertitori active front-end per applicazioni V2G e smart-grid

L'attività, svolta in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e dell'Informazione dell'Università di Bologna, ha riguardato l'analisi delle prestazioni e il controllo di un convertitore *active front-end* idoneo ad applicazioni *Smart-Grid* e V2G. L'attività ha riguardato fondamentalmente la realizzazione di modelli del convertitore *active front-end* in ambiente Matlab/Simulink e PLECS, consentendo il confronto tra diverse possibili soluzioni, e l'identificazione delle soluzioni da adottare per questo componente, in termini di qualità della corrente di linea, dimensione dei filtri, stabilità e rendimento di conversione.

Capitolo 6 - Quadro economico-finanziario dei progetti svolti e di quelli in essere nel periodo 2012-2014

Come riportato nei precedenti rapporti annuali sullo stato della ricerca di interesse generale per il sistema elettrico, dal 2007 al 2011 sono stati complessivamente erogati circa 264 milioni di euro per il finanziamento delle attività di ricerca svolte nell'ambito degli accordi di programma tra Ministero dello sviluppo economico e RSE S.p.A., ENEA e CNR.

Nel corso del triennio 2012-2014, nell'ambito dei medesimi accordi di programma sono stati erogati contributi per 153.330.691 Euro, come di seguito ripartiti:

- ENEA, 57.716.197 Euro (5.600.000, 18.815.233, 25.560.964 a saldo delle attività dei piani di realizzazione 2010, 2011, 2012 e 7.740.000 a titolo di acconto per le attività del piano 2013);
- RSE, 84.856.354 Euro (23.800.000, 31.102.105, 29.954.249 a saldo delle attività dei piani di realizzazione 2011, 2012, 2013).
- CNR, 10.758.140 Euro (3.500.000, 5.964.000 a saldo delle attività del piano di realizzazione 2008 e del piano congiunto 2009/2010 e 1.294.140 a titolo di acconto per le attività del piano congiunto 2011/2012).

Nello stesso periodo, nell'ambito del bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema approvato con decreto del Ministero dello sviluppo economico 12 dicembre 2008, sono stati erogati contributi per 2.577.358 Euro. Inoltre, per effetto di due decreti del Direttore generale per il Mercato elettrico, le Rinnovabili e l'Efficienza energetica, il Nucleare del 23 e del 24 settembre 2014, il Ministero dello sviluppo economico ha escluso dalle graduatorie il progetto BioHyTech, precedentemente ammesso al finanziamento, e ha revocato il contributo assegnato al progetto Piro4MiniPower. I due decreti hanno reso disponibili per le attività di ricerca di sistema elettrico risorse pari a 1.971.010 Euro.

Per le residue attività dei piani triennale 2009-2011 e 2012-2014, risultano ancora da erogare 140.673.664 Euro, per i seguenti impegni:

- accordo di programma MSE-ENEA, 17.725.367 Euro come quota a saldo per le attività del piano 2013 e 26.300.000 Euro per le attività del piano 2014;
- accordo di programma MSE-RSE, 28.900.000 Euro per le attività del piano 2014;
- accordo di programma MSE-CNR, 3.019.661 Euro come quota a saldo per le attività del piano congiunto 2011/2012 e 5.600.000 Euro per le attività del piano congiunto 2013/2014;
- bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema approvato con decreto del Ministero dello sviluppo economico 12 dicembre 2008, quote di contribuzione residue relative al finanziamento dei progetti di

ricerca ammessi al finanziamento con decreto 16 febbraio 2010, per circa 9.6 milioni di euro;

- bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema approvato con decreto del Ministero dello sviluppo economico 30 giugno 2014, per un importo complessivo di 34 milioni di euro;
- bando di gara per la selezione di progetti di ricerca fondamentale per il sistema elettrico, previsti dal piano operativo annuale 2013, approvato con decreto del Ministero dello sviluppo economico 30 giugno 2014, per un importo complessivo di 16 milioni di euro.

Appendice 1

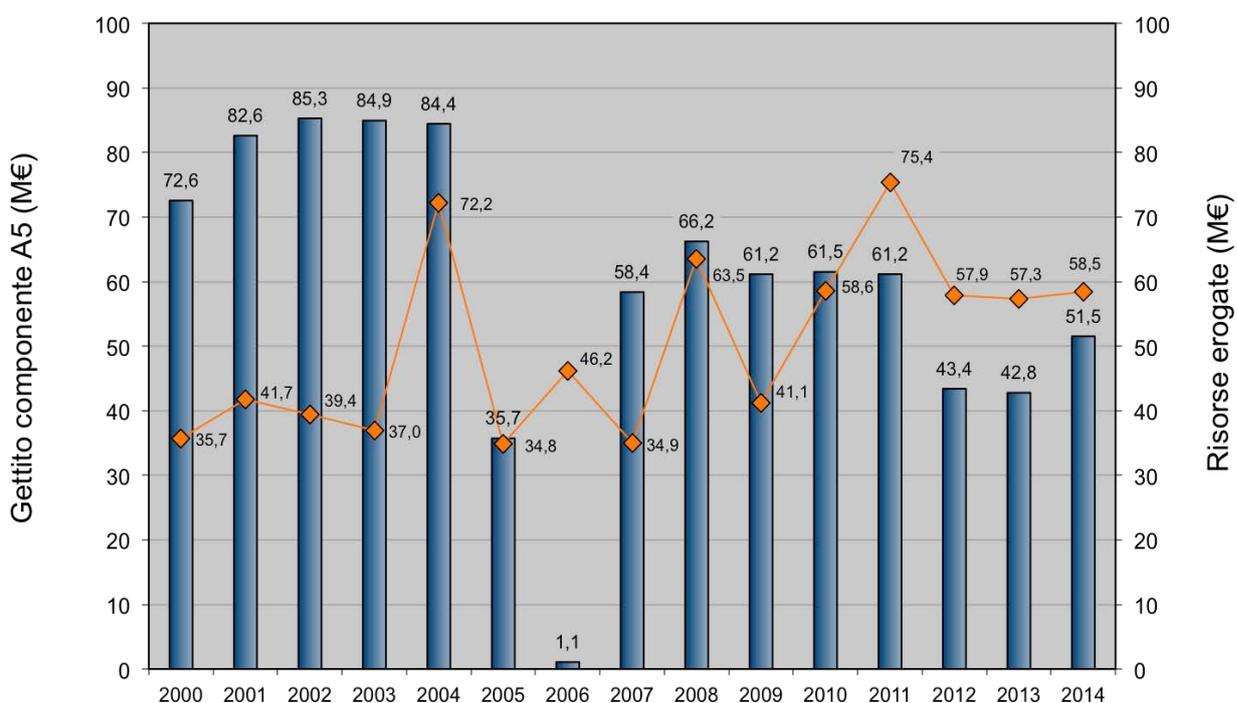
Compendio delle attività di ricerca di interesse generale
per il sistema elettrico per il periodo 2001-2014

Compendio delle attività di ricerca di interesse generale per il sistema elettrico per il periodo 2000-2014

Come illustrato nel Capitolo 1, il Fondo per la ricerca di sistema elettrico è alimentato dal gettito della componente A5 della tariffa elettrica. La misura della componente A5 è stata inizialmente fissata con deliberazione dell'Autorità 204/99, per un ammontare medio di circa 0,03 centesimi di euro per kWh consumato dai clienti finali. Nel giugno 2005, con deliberazione 135/05, a causa dei ritardi nella definizione dei piani per la ricerca di sistema, l'Autorità ha sospeso il prelievo relativo alla componente A5, salvo riattivarlo nel dicembre 2006 con deliberazione 321/06 e nuovamente modificarlo con deliberazione del 29 dicembre 2011, ARG/com/201/11. Infine, con deliberazione 405/2013/R/com, l'Autorità ha adeguato la componente tariffaria A5, portandola mediamente ad una misura di circa 0,02 centesimi di euro per kWh consumato dai clienti finali.

Considerato l'attuale livello dei consumi elettrici, in ragione dell'adeguamento tariffario adottato dall'Autorità, il gettito annuale della componente A5 è di circa 52 milioni di euro. In figura 1 sono mostrati il gettito della componente A5 nel periodo 2000-2014 e la tempistica di erogazione delle risorse.

Fig. 1 - Gettito componente A5 nel periodo 2000-2014 e risorse erogate



1. Periodo 2000-2005

A partire dal 2000 e fino al 2005, le risorse del Fondo sono state assegnate, in via transitoria, al Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI S.p.A.), consolidata realtà in grado di svolgere attività di ricerca, anche di natura applicativa, finalizzata all'innovazione del sistema elettrico, con l'obiettivo di migliorarne l'economicità, la sicurezza e la compatibilità ambientale. All'Autorità fu assegnato il compito di fissare le modalità di presentazione dei progetti di ricerca predisposti dal CESI e di definire i criteri da adottare per la verifica dei progetti medesimi. Nel periodo citato, CESI portò a realizzazione 32 grandi progetti, 19 nel triennio 2000-2003 e 13 nel biennio 2003-2005, come mostrato nelle tabelle App./1 e App./2. Nel complesso, per le attività svolte, al CESI vennero riconosciuti rimborsi a valere sul Fondo per la ricerca di sistema per circa 307 milioni di euro.

Tabella App./1 - Progetti realizzati da CESI S.p.A. nel periodo 2000-2003 e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico

Progetto		Contributo erogato [€]
ASISGEN	Affidabilità dei sistemi di generazione	13.320.000
CATERINA	Aumento della capacità di trasporto della rete	5.738.000
COMPA	Compatibilità ambientale	29.708.000
COMUNICA	Comunicazione tra e nei sistemi elettrici	6.774.000
COORDINA	Coordinamento attività RDS	3.538.000
DIFFONDI	Gestione e diffusione risultati ricerca	2.113.000
ELTEC	Uso razionale dell'energia	12.580.000
ENERIN	Energie rinnovabili	15.189.000
ENTRADE	Energy Trading: modelli e funzionamento dei mercati liberalizzati dell'energia	5.441.000
EVINGEN	Evoluzione innovativa della generazione	27.854.000
EVORE	Evoluzione della rete elettrica	4.563.000
FULLRISK	Il controllo e la gestione del rischio nel mercato liberalizzato dell'energia	276.000
GENDIS	Generazione distribuita	11.349.000
QUAFOR	Qualità della fornitura elettrica	5.752.000
SICURE	Funzionamento in sicurezza del sistema elettrico	7.216.000
SISIGEN	Sicurezza del sistema elettrico	13.111.000
SOSTE	Sviluppo sostenibile	19.000.000
VALENTINA	Tecnologie per incrementare l'affidabilità di impianti elettrici di trasporto e distribuzione	5.015.000
VIRTEST	Prove virtuali	2.571.000
Totale		191.108.000

Tabella App./2 - Progetti realizzati da CESI S.p.A. nel periodo 2003-2005 e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico

Progetto	Contributo erogato [€]
DISSEMINA Diffusione e trasferimento dei risultati della Ricerca di Sistema	2.126.000
ECORET Effetti del controllo dei carichi sullo sviluppo delle reti BT e MT	1.546.000
EXTRA Sviluppi del mercato liberalizzato dell'energia elettrica in Italia e sua integrazione nel mercato elettrico Europeo	5.191.000
GAME Generazione elettrica ed Ambiente nelle Aree Metropolitane - Prospettive di sviluppo della Cogenerazione	3.068.000
GEN-21 Una generazione sostenibile di Energia Elettrica per il XXI secolo	36.272.000
GENDIS 21 La generazione distribuita per il miglioramento della qualità del servizio elettrico e dell'ambiente	5.986.000
LIMSAT Applicazioni di limitatori di corrente SAT (Superconduttori ad Alta Temperatura)	3.561.000
MATEALT Materiali alternativi per componenti elettrici di trasmissione e di distribuzione	2.529.000
NORME Sviluppo di norme a sostegno delle esigenze del sistema elettrico Nazionale	8.913.000
RETE 21 Lo sviluppo e l'esercizio delle rete elettrica italiana nel XXI secolo	25.726.000
SCENARI Scenari evolutivi nel medio-lungo termine del Sistema Elettrico Italiano	11.123.000
SENNA Sensoristica innovativa e nanomateriali per il sistema elettrico	1.390.000
SISSET Sicurezza degli impianti del sistema elettrico e interazione con il territorio	8.433.000
Totale	115.864.000

2. Periodo 2006-2014

Dopo un primo periodo, che prevedeva l'affidamento diretto delle attività al CESI, con l'Autorità incaricata di definire le modalità di presentazione dei progetti e i criteri per la verifica dei risultati, il Ministro delle attività produttive, con proprio decreto 28 febbraio 2003, ha introdotto nuove modalità per la gestione del Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale. Il decreto prevedeva l'istituzione del Comitato di Esperti di Ricerca per il Settore Elettrico (CERSE), l'adozione di un Piano Triennale come strumento di programmazione delle attività e l'attivazione sia di procedure concorsuali per la selezione di progetti di ricerca proposti per l'ammissione al finanziamento, sia l'affidamento diretto di progetti di ricerca. Al CERSE venivano affidate funzioni consultive e di proposta nei confronti del Ministero e alcuni compiti specifici, tra cui: la predisposizione ed aggiornamento annuale del Piano triennale, comprensivo di un Piano operativo annuale, individuando gli oggetti dei progetti di ricerca e definendo le relative previsioni di finanziamento; la definizione dei criteri per la predisposizione, da parte della Segreteria operativa costituita presso la Cassa conguaglio per il settore elettrico, degli

schemi dei bandi di gara, da trasmettere al Ministero per l'approvazione; la predisposizione della graduatoria dei progetti di ricerca presentati e la trasmissione al Ministero per la relativa approvazione; l'organizzazione dell'attività di valutazione sui progetti di ricerca, da affidare a singoli o gruppi di esperti inseriti in un apposito elenco, di cui definire i criteri per la formazione e l'aggiornamento; l'autorizzazione alla Cassa conguaglio per il settore elettrico ad erogare i contributi in esito alle valutazioni degli stati di avanzamento dei progetti. Il CERSE è stato costituito e nominato per il triennio 2003-2006 con decreto del Ministro delle attività produttive 16 maggio 2003 e successivamente modificato nella sua composizione con i decreti del medesimo Ministro del 19 ottobre 2004 e del 22 settembre 2005. L'incarico dei componenti del CERSE è cessato, per decorrenza dei termini, il 30 giugno 2006.

Le modalità di gestione del Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale sono state modificate con il vigente decreto del Ministro delle attività produttive 8 marzo 2006, che, in sostituzione della formula dell'affidamento diretto, ha previsto la possibilità di attivare accordi di programma tra il medesimo Ministero (ora Ministero dello sviluppo economico) e soggetti pubblici o organismi a prevalente partecipazione pubblica.

Le nuove modalità di gestione del Fondo hanno trovato una prima applicazione con il decreto del Ministro delle attività produttive 23 marzo 2006, con il quale sono stati approvati il *Piano triennale della ricerca di sistema elettrico 2006-2008* e il relativo *Piano operativo annuale 2006*. Il decreto ha previsto anche la stipula di accordi di programma con Cesi Ricerca S.p.A. (ora RSE S.p.A.), con l'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ora Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, ENEA) e con il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Il decreto ha inoltre destinato una parte delle disponibilità del Fondo al finanziamento dei progetti di ricerca non compresi negli accordi di programma, da selezionare tramite procedura concorsuale.

Dopo un periodo di stasi di oltre un anno, al fine dare operatività ai decreti 8 marzo e 23 marzo 2006 e di garantire l'avvio delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale, il Ministro dello sviluppo economico, con proprio decreto 21 giugno 2007, ha attribuito all'Autorità, in via transitoria, le funzioni del CERSE.

A partire da tale data, le attività di ricerca di sistema elettrico hanno interessato principalmente ENEA, CNR e RSE S.p.A., che hanno avviato e portato a termine progetti nell'ambito degli accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico e, in misura minore, le compagini dei progetti ammessi al finanziamento a seguito di procedure concorsuali.

Piano Triennale 2006-2008

Il 23 marzo 2006, con decreto del Ministro dello sviluppo economico, sono stati approvati il *Piano Triennale della ricerca di sistema elettrico 2006-2008* e il *Piano Operativo Annuale 2006*, precedentemente predisposti dal CERSE. Il decreto ha previsto anche la stipula di accordi di programma con Cesi Ricerca S.p.A. (ora RSE S.p.A.), con ENEA, con il CNR e con l'Istituto per la Promozione Industriale (IPI), rispettivamente per importi di 20, 5, 35, 1 milioni di euro per la prima annualità, e il finanziamento di progetti di ricerca non compresi negli accordi di programma, da selezionare attraverso procedura concorsuale, per complessivi 89 milioni di euro. La ripartizione delle risorse per Aree, Settori/Gruppi tematici e Temi di ricerca è mostrata nelle tabelle *App./3* e *App./4*. Le attività di ricerca di sistema elettrico sono state prorogate per gli anni 2007 e 2008, per pari importi, con il decreto-legge 18 giugno 2007, n. 73, poi convertito con modificazioni nella legge 3 agosto 2007, n. 125, che ha stabilito che il Ministero dello sviluppo economico attua le disposizioni in materia di ricerca e sviluppo di sistema previste dal decreto 8 marzo 2006 anche mediante gli accordi di programma triennali previsti dal decreto del Ministro delle attività produttive 23 marzo 2006. Il bando per progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale, che doveva essere dotato di risorse per 89 milioni di euro, venne infine approvato con il decreto del Direttore generale per l'energia e le risorse minerarie del 12 dicembre 2008, che ha messo a disposizione degli operatori del settore un importo pari a 54,1 milioni di euro.

Piano Triennale 2009-2011

Il secondo *Piano triennale della ricerca di sistema elettrico*, relativo al triennio 2009-2011, comprensivo del *Piano Operativo Annuale 2009*, è stato predisposto dall'Autorità nelle funzioni del CERSE, dopo un processo che ha visto la consultazione pubblica di tutti i potenziali interessati, l'acquisizione del parere del Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e della Cassa conguglio per il sistema elettrico e il parere della competente Commissione tecnica per la verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS. Il Piano, che ha messo a disposizione risorse per 210 milioni di euro, ripartite tra le tre aree prioritarie di intervento e per tipologia di ricerca, è stato approvato con decreto del Ministro dello sviluppo economico del 19 marzo 2009. Per quanto riguarda il Piano operativo 2009, esso ha destinato 43 milioni di euro al finanziamento dei piani annuali di realizzazione 2009 di RSE, ENEA e CNR. A tal proposito, la successiva legge 23 luglio 2009, n. 99, ha stabilito che il Ministro dello sviluppo economico dovesse attuare le disposizioni previste in materia di ricerca e sviluppo di sistema per il triennio 2009-2011, anche attraverso la stipula di specifici accordi di programma.

Tabella App./3 - Piano triennale 2006-2008 - Ripartizione delle risorse

Area prioritaria di intervento / Settore	Tipologia ricerca		Totale k€
	a)	b)	
Governo del sistema			
Sviluppo del sistema di produzione e trasmissione			9.800
Vigilanza dello sviluppo del sistema di generazione	5.500		5.500
Programmazione dello sviluppo del sistema di trasmissione italiano	4.300		4.300
Gestione del sistema in economia			10.800
Simulazione dell'esercizio del sistema elettrico italiano in regime di mercato	8.500		8.500
Uso dei dispositivi di controllo discontinuo dei flussi in rete		500	500
Regolazione dei collegamenti in corrente continua attraverso le frontiere		500	500
Supporto scientifico alle attività regolatorie per il mercato elettrico	1.300		1.300
Gestione del sistema in sicurezza			22.600
Simulatore del sistema elettrico nazionale		4.000	4.000
Simulatore del sistema elettrico nazionale in fase di riaccensioni		3.300	3.300
Monitoraggio continuo dello stato di sicurezza del sistema elettrico	5.200		5.200
Sistemi automatici di difesa rapida delle sezioni critiche delle reti		5.400	5.400
Nuove strategie e dispositivi atti a facilitare la riaccensione del sistema	500		500
Comportamento delle centrali a fronte di grandi perturbazioni del sistema		2.500	2.500
Sicurezza dei sistemi TLC ed informatici a servizio del Sistema Elettrico	600		600
Dispositivi di regolazione dei flussi in rete a controllo continuo		500	500
Contributo alla sicurezza del sistema di collegamenti in corrente continua		600	600
Sviluppo e gestione delle reti di distribuzione			9.700
Modelli di riferimento delle reti di distribuzione MT-BT		5.500	5.500
Strumenti per lo studio dello sviluppo di reti di distribuzione	4.200		4.200
Gestione della qualità			12.500
Indicatori della continuità del servizio e della qualità della potenza	2.500		2.500
Sviluppo di dispositivi di misura della qualità della potenza		3.000	3.000
Studio e messa a punto di dispositivi per la compensazione di disturbi		3.000	3.000
Desensibilizzazione dei carichi ai disturbi		2.500	2.500
Sovratensioni di origine esterna e buchi di tensione		1.500	1.500
Gestione del carico			4.000
Proposte di sistemi innovativi di contratto e di tariffa per piccoli clienti		2.000	2.000
Sistemi ICT per l'interazione utente-sistema-mercato per piccole utenze		2.000	2.000
Il sistema elettrico italiano in regime di mercato e le problematiche di sicurezza			2.400
Il sistema elettrico italiano in regime di mercato e le problematiche di sicurezza	2.400		2.400

Tabella App./3 - Piano triennale 2006-2008 - Ripartizione delle risorse (segue)

Area prioritaria di intervento / Settore	Tipologia ricerca		Totale k€
	a)	b)	
Produzione e fonti energetiche			
Parco idroelettrico			1.400
Sicurezza dei bacini idroelettrici italiani	1.000		1.000
Sicurezza degli alvei a valle dei bacini idroelettrici italiani	400		400
Miglioramento del rendimento medio di generazione del parco termoelettrico			22.100
a) Centrali per sola produzione di energia elettrica			
Metodologia di calcolo per valutazioni economiche di nuovi investimenti in centrali di generazione		500	500
Tecnologie innovative per migliorare i rendimenti di conversione delle centrali a polverino di carbone			7.500
Tecnologie innovative per migliorare il rendimento complessivo di soluzioni IGCC		4.000	4.000
Tecnologie innovative per migliorare il rendimento medio complessivo delle centrali alimentate a gas naturale		8.200	8.200
b) Centrali di cogenerazione di taglia medio- grande			
Sviluppo di un programma di calcolo interattivo per studi di fattibilità tecnico- economica di impianti di cogenerazione di taglia superiore a 1 MW		300	300
Sviluppo di soluzioni innovative per la gestione ottimizzata di un impianto di cogenerazione al variare dell'utenza termica		1.600	1.600
Flessibilizzazione del comportamento delle centrali			16.000
Tecnologie innovative per rendere i cicli combinati in grado di esercitare il ruolo di riserva primaria		1.600	1.600
Tecnologie innovative per rendere i cicli combinati in grado di operare correttamente la procedura di "load rejection"		1.200	1.200
Tecnologie innovative volte alla flessibilizzazione degli impianti a ciclo combinato			7.800
Tecnologie innovative per la completa automazione delle centrali di punta con turbine a gas		2.400	2.400
Metodologie di diagnostica avanzata di centrali termoelettriche		3.000	3.000
Riduzione delle emissioni specifiche delle centrali			16.500
Software per la previsione delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi da una centrale termoelettrica	1.000		1.000
Tecnologie innovative che migliorino le prestazioni ambientali delle centrali a polverino di carbone			6.500
Tecnologie innovative che migliorino le prestazioni ambientali dei cicli combinati			6.500
Metodologie avanzate per la misura di microinquinanti organici e inorganici	2.500		2.500
Diversificazione delle fonti energetiche			60.700
a) gas naturale			
Soluzioni innovative per generare energia elettrica ad alta efficienza in terminali LNG		800	800
b) carbone			
Tecnologie innovative che consentano una riduzione dei costi di investimento delle centrali a polverino di carbone	4.000		4.000
Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili		17.300	17.300

Completamento e affinamento della mappa eolica italiana	800		800
Censimento del potenziale energetico nazionale delle biomasse	800		800
Censimento del potenziale mini- idroelettrico (potenza unitaria <l MWe) nazionale	800		800
Censimento del potenziale geotermoelettrico nazionale	800		800
d) nucleare			
Nuovo nucleare da fissione	5.500	8.300	13.800
e) sequestro dell'anidride carbonica e vettore idrogeno			
Centrali elettriche o di coproduzione di energia elettrica e idrogeno con sequestro di anidride carbonica	4.000	9.000	13.000
Censimento dei depositi geologici nazionali	1.500		1.500
f) celle a combustibile			
Celle a combustibile per applicazioni stazionarie cogenerative	2.400	4.700	7.100
Trasmissione e distribuzione			
Reti ad AT			35.000
a) migliore utilizzazione della rete esistente			
Determinazione dei limiti di portata in corrente delle linee aeree			3.200
Ricerche sulla vita dei giunti e delle morse dei conduttori		3.600	3.600
Valutazione della temperatura dei conduttori delle linee aeree in tempo reale		1.600	1.600
Trasformazioni di linee esistenti per aumentarne la portata		1.600	1.600
Sviluppo di metodi innovativi di manutenzione sotto tensione	2.400		2.400
b) espansione del sistema con linee interrate			
Linee sotterranee di tipo innovativo a basso costo		5.700	5.700
Nuove tecnologie di posa di linee interrate in sedi stradali autostradali		4.100	4.100
Razionalizzazione dei limiti di portata delle linee interrate		1.600	1.600
Linee sottomarine di tipo innovativo		3.500	3.500
c) espansione del sistema con linee aeree			
Linee aeree e stazioni elettriche di tipo innovativo a ridotto impatto ambientale		4.000	4.000
Metodi innovativi di progetto delle linee elettriche aeree		1.600	1.600
Metodi di quantificazione delle esternalità ambientali di linee elettriche			2.100
Reti MT-BT			54.500
Evoluzione nella struttura e nella gestione delle reti di distribuzione			33.000
Apparati e impianti innovativi per l'evoluzione delle reti di distribuzione		18.500	18.500
Contributo delle masse estranee estese alla "rete di terra globale"		2.500	2.500
Coesistenza della rete di distribuzione a MT con la rete a 150 kV		500	500

Tabella App./3 - Piano triennale 2006-2008 - Ripartizione delle risorse (segue)

Area prioritaria di intervento / Settore	Tipologia ricerca		Totale k€
	a)	b)	
Usi finali			
Fabbisogno energetico degli edifici			11.100
Linee guida per la progettazione ed il calcolo del fabbisogno energetico	1.700	1.700	3.400
Interazioni fra illuminazione e necessità di condizionamento	3.200	3.200	6.400
Innovazione nell'impiantistica per il condizionamento			5.000
Sviluppo di linee guida ed indici di riferimento	1.200		1.200
Gestione dei carichi			10.500
Promozione della gestione interattiva utente/rete dei consumi	1.800		1.800
Contributo attivo degli utenti alla gestione dei carichi			3.500
Sviluppo eli sistemi per la gestione interattiva dei carichi			3.200
Soluzioni impiantistiche per la gestione del carico presso la piccola utenza		1.500	1.500
Applicazione di tariffe differenziate per impieghi da fonti rinnovabili (green pricing)	500		500
Efficienza delle apparecchiature			16.400
Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali			5.700
Promozione di componenti efficienti per impianti elettrici		3.000	3.000
Penetrazione delle tecnologie elettriche in impieghi termici			4.000
Promozione delle applicazioni efficienti presso il largo pubblico			2.500
Organizzazione della domanda e valorizzazione dell'offerta di tecnologie e servizi avanzati	1.200		1.200
Generazione Distribuita			23.200
Effetti della generazione distribuita sul sistema elettrico nazionale e sui sistemi locali			2.500
Effetti della mini e micro- generazione sulla rete di B.T. per utenze domestiche			2.000
Trigenerazione negli edifici del terziario			3.600
Sviluppo di componenti per la G.D.			4.000
Sviluppo di componenti per la trigenerazione di media taglia		3.000	3.000
Modelli di calcolo di supporto alla diffusione della G.D.	1.800		1.800
Forme di finanza innovativa per impianti di produzione per consumi diretti e misti			5.000
Strumenti di programmazione e pianificazione degli interventi a scala territoriale e urbana	1.300		1.300
Comunicazione e informazione			10.800
Comunicazione delle prestazioni dei prodotti	2.400		2.400
Formazione del consenso alla scelta dei siti per impianti di generazione	3.800		3.800
Migliorare la conoscenza degli utenti sul sistema elettrico	2.400		2.400
Adeguamento della normativa e supporto all'attuazione degli accordi internazionali	2.200		2.200

Tabella App./4 - Piano operativo annuale 2006 - Ripartizione delle risorse

Area prioritaria di intervento / Gruppo tematico	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	k€
Governo del sistema			
Programmazione dello sviluppo dei sistemi			12.100
Vigilanza dello sviluppo del sistema di generazione	5.500		5.500
Simulazione dell'esercizio del sistema elettrico italiano in regime di mercato (esecuzione di stralcio funzionale)	1.100		1.100
Modelli di riferimento delle reti di distribuzione MT-BT		1.300	1.300
Strumenti per lo studio dello sviluppo di reti di distribuzione	4.200		4.200
Gruppo tematico Sviluppo dispositivi di governo del sistema			11.300
Monitoraggio continuo dello stato di sicurezza del sistema elettrico	2.100		2.100
Sistemi automatici di difesa rapida delle sezioni critiche delle reti		5.400	5.400
Sviluppo di dispositivi di misura della qualità della potenza		1.000	1.000
Studio e messa a punto di dispositivi per la compensazione di disturbi		800	800
Sistemi ICT per la interazione utente-sistema- mercato		2.000	2.000
Analisi esplorative			6.300
Uso dei dispositivi di controllo discontinuo dei flussi in rete		500	500
Regolazione dei collegamenti in CC attraverso le frontiere		500	500
Dispositivi di regolazione dei flussi in rete a controllo continuo		500	500
Contributo alla sicurezza del sistema di collegamenti in		600	600
Indicatori della continuità del servizio e della qualità della potenza	1.100		1.100
Sovratensioni di origine esterna e buchi di tensione		800	800
Supporto scientifico alle attività regolatorie per il mercato elettrico	1.300		1.300
Il sistema elettrico italiano in regime di mercato e le problematiche di sicurezza	1.000		1.000

Tabella App./4 - Piano operativo annuale 2006 - Ripartizione delle risorse (segue)

Area prioritaria di intervento / Gruppo tematico	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	k€
Produzione e fonti energetiche			
Programmi di calcolo interattivi, banche dati, scenari, misure			8.300
Sicurezza dei bacini idroelettrici italiani	1.000		1.000
Metodologia di calcolo per valutazioni economiche di nuovi investimenti in centrali di generazione		500	500
Sviluppo di un codice di calcolo interattivo per studi di fattibilità tecnico economica di impianti di cogenerazione di taglia superiore a 1 MW		300	300
Metodologie avanzate per la misura di microinquinanti organici e inorganici	1.500		1.500
Soluzioni innovative per generare energia elettrica ad alta efficienza in terminali LG		800	800
Completamento e affinamento della mappa eolica italiana	800		800
Censimento del potenziale energetico nazionale delle biomasse	800		800
Censimento del potenziale mini idroelettrico (potenza unitaria < 1 MWe) nazionale	800		800
Censimento del potenziale geotermoelettrico nazionale	800		800
Censimento dei depositi geologici italiani	1.000		1.000
Carbone pulito			12.600
Tecnologie innovative per migliorare i rendimenti di conversione delle centrali a polverino di carbone	1.000	4.600	5.600
Tecnologie innovative che migliorino le prestazioni ambientali delle centrali a polverino di carbone	3.300	1.700	5.000
Tecnologie innovative che consentano una riduzione dei costi di investimento delle centrali a polverino di carbone	2.000		2.000
Gas naturale			8.400
Tecnologie innovative per migliorare il rendimento medio complessivo delle centrali alimentate a gas naturale		1.000	1.000
Tecnologie innovative volte alla flessibilizzazione degli impianti a ciclo combinato	800	1.600	2.400
Tecnologie innovative che migliorino le prestazioni ambientali dei cicli combinati	2.000	1.500	3.500
Metodologie di diagnostica avanzata di centrali termoelettriche		1.500	1.500
Fonti rinnovabili			8.000
Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili		8.000	8.000
Progetti internazionali: nucleare, idrogeno, celle a combustibile			17.600
Nuovo nucleare da fissione	5.500		5.500
Centrali elettriche e per la coproduzione di energia elettrica e idrogeno	3.000	2.000	5.000
Celle a combustibile per applicazioni stazionarie cogenerative	4.700	2.400	7.100

Tabella App./4 - Piano operativo annuale 2006 - Ripartizione delle risorse (segue)

Area prioritaria di intervento / Gruppo tematico	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	k€
Trasmissione e distribuzione			
Normative di trasmissione e distribuzione			9.500
Determinazione dei limiti di portata in corrente delle linee aeree	2.400	800	3.200
Ricerche sulla vita dei giunti e delle morse dei conduttori		3.600	3.600
Razionalizzazione dei limiti di portata delle linee interrate		1.600	1.600
Contributo delle masse estranee estese alla "rete di terra globale"		1.100	1.100
Tecniche di trasmissione e distribuzione			15.300
Valutazione della temperatura dei conduttori delle linee aeree in tempo reale		1.600	1.600
Trasformazioni di linee esistenti per aumentarne la portata		1.600	1.600
Sviluppo di metodi innovativi di manutenzione sotto tensione	1.000		1.000
Nuove tecnologie di posa di linee interrate in sedi stradali o autostradali		4.100	4.100
Linee sottomarine di tipo innovativo		3.500	3.500
Apparati e impianti innovativi per l'evoluzione delle reti di distribuzione		3.500	3.500
Strategie di trasmissione e distribuzione			11.900
Metodi di quantificazione delle esternalità ambientali di linee elettriche	1.100	1.000	2.100
Evoluzione nella struttura e nella gestione delle reti di distribuzione	4.000	5.300	9.300
Coesistenza della rete di distribuzione a MT con la rete a 132-150 kV		500	500

Tabella App./4 - Piano operativo annuale 2006 - Ripartizione delle risorse (segue)

Area prioritaria di intervento / Gruppo tematico	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	k€
Usi finali			
Modellistica, studi preformativi, linee guida			8.800
Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio impianto, in particolare nella stagione estiva per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione. Interazione condizionamento illuminazione.	2.500		2.500
Sviluppo e dimostrazione di nuovi metodi per ottimizzare l'interazione tra rete elettrica e piccole utenze	1.200		1.200
Penetrazione delle tecnologie elettriche in impieghi termici		900	900
Generazione distribuita	900		900
Sviluppo di linee guida e indici di riferimento per il legislatore	1.200		1.200
Adeguamento alle Direttive Comunitarie e all'attuazione degli accordi internazionali	1.000	1100	2.100
Componenti ed impianti innovativi			10.100
Sviluppo di componenti e impianti innovativi per la razionalizzazione dei consumi elettrici negli edifici con particolare riferimento condizionamento estivo		3.200	3.200
Componenti efficienti per impianti elettrici		1.200	1.200
Sviluppo di componenti per la cogenerazione distribuita di piccola taglia		3.000	3.000
Sviluppo di componenti e impianti innovativi per la trigenerazione distribuita di piccola taglia		2.700	2.700
Progetti di sviluppo e dimostrazione			5.300
Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana	2.000	3.300	5.300
Progetti di sviluppo e dimostrazione			
Promozione delle tecnologie elettriche innovative e delle applicazioni efficienti negli usi finali	600	900	1.500
Organizzazione della domanda e valorizzazione dell'offerta di tecnologie e di servizi avanzati	1.200		1.200
Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali nel settore industriale	1.800		1.800

Con successivo decreto 27 ottobre 2010, il Ministro dello sviluppo economico ha quindi approvato il *Piano operativo annuale 2010 per la ricerca di sistema elettrico nazionale*, che ha destinato 45 milioni di euro al finanziamento dei piani annuali di realizzazione 2010 degli accordi di programma con ENEA, RSE e CNR e 58 milioni di euro al finanziamento dei progetti di ricerca non compresi negli accordi di programma. Tale importo, relativo ad un secondo bando per la selezione di progetti di ricerca di sistema, non è stato poi impegnato, vista la decisione del Ministero dello sviluppo economico di destinare le risorse al successivo piano triennale 2012-2014.

Infine, con decreto 22 luglio 2011, il Ministro dello sviluppo economico ha approvato il *Piano operativo annuale 2011 per la ricerca di sistema elettrico nazionale*, che ha destinato tutte le risorse residue del Piano Triennale 2009-2011, pari a 64 milioni di euro, al finanziamento dei piani annuali di realizzazione 2011 degli accordi di programma tra lo stesso Ministero e RSE, ENEA e CNR.

La ripartizione delle risorse per aree prioritarie di intervento, tematiche e tipologia di ricerca, per il Piano Triennale 2009-2011 e per i Piani Operativi Annuali 2009, 2010 e 2011, è mostrata nelle tabelle *App./5 - 8*.

Tabella App./5 - Piano triennale 2009-2011 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale	64	15	79
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente	26	30	56
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica	40	35	75
Totale	130	80	210

Tabella App./6 - Piano operativo annuale 2009 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale			
Studi sullo sviluppo del sistema e della rete elettrica nazionale	7,5	-	7,5
Ricerche su reti attive, generazione distribuita e sistemi di accumulo di energia elettrica	6,5	-	6,5
Collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare	5	-	5
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente			
Studi sui potenziali sviluppi delle energie rinnovabili	4,5	-	4,5
Ricerche sulle nuove celle fotovoltaiche organiche e sviluppo Led	1,5	-	1,5
Studi su fotovoltaico con concentrazione solare	2,5	-	2,5
Studi sulla produzione elettrica locale da biomasse e scarti	2,5	-	2,5
Studi sull'utilizzo pulito dei combustibili fossili e cattura e sequestro della CO ₂	4	-	4
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica			
Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia nei Settori: Industria, Servizi e Civile	6,5	-	6,5
Studi per lo sviluppo di materiali innovativi per il risparmio di energia nel settore elettrico con particolare attenzione ai materiali per i mezzi di trasporto collettivi elettrici	2,5	-	2,5
Totale	43	-	43

Tabella App./7 - Piano operativo annuale 2010 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale			
Analisi dello sviluppo futuro del sistema elettrico nazionale	8	-	8
Trasporto e distribuzione dell'energia elettrica	7	6	13
Accumulo dell'energia elettrica	1	4	5
Fissione nucleare	3,5	-	3,5
Fusione nucleare	5	-	5
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente			
Sviluppo e diffusione delle energie rinnovabili	4,5	-	4,5
Energia elettrica da biomasse	3	4	7
Energia elettrica da fotovoltaico	2	2	4
Energia elettrica da fonti geotermiche	-	2	2
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	5,5	-	5,5
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica			
Tecnologie di risparmio elettrico e nei settori collegati industria e servizi	1,5	11	12,5
Risparmio di energia elettrica nell'illuminazione pubblica	1	12	13
Risparmio di energia elettrica nel settore civile	1	8	9
Utilizzo dell'energia elettrica e solare per condizionamento estivo	1	4	5
Risparmio di energia elettrica nei mezzi di trasporto	1	5	6
Totale	45	58	103

Tabella App./8 - Piano operativo annuale 2011 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale			
Analisi dello sviluppo futuro del sistema elettrico nazionale	8,5	-	8,5
Ricerche su reti attive, generazione distribuita e sistemi di accumulo di energia elettrica	8,2	-	8,2
Collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare			
Nucleare da fissione	6	-	6
Nucleare da fusione	9	-	9
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente			
Sviluppo e diffusione delle energie rinnovabili			
Energia idroelettrica	1	-	1
Energia elettrica da biomasse	4,5	-	4,5
Energia elettrica da fonte eolica	1	-	1
Energia elettrica da fotovoltaico	4	-	4
Energia elettrica da correnti marine	0,5	-	0,5
Studi sull'utilizzo pulito dei combustibili fossili e cattura e sequestro della CO ₂	10,3	-	10,3
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica			
Tecnologie di risparmio elettrico e nei settori collegati industria e servizi	4	-	4
Risparmio di energia elettrica nell'illuminazione pubblica	2	-	2
Risparmio di energia elettrica nel settore civile	2	-	2
Utilizzo dell'energia elettrica e solare per il condizionamento estivo	1	-	1
Risparmio di energia elettrica nei mezzi di trasporto	2	-	2
Totale	64	-	64

Piano Triennale 2012-2014

Con decreto 9 novembre 2012, il Ministro dello sviluppo economico ha approvato il *Piano triennale della ricerca di sistema elettrico 2012-2014*, sempre predisposto dall'Autorità nelle funzioni del CERSE, dotato di risorse per 221 milioni di euro, di cui 170 milioni destinati al finanziamento dei progetti di ricerca svolti nell'ambito degli accordi di programma con ENEA, RSE e CNR, e 51 milioni di euro destinati al finanziamento di progetti selezionati attraverso procedura concorsuale. Di questi, 21 milioni riguardano progetti di ricerca fondamentale a totale beneficio degli utenti elettrici, mentre 30 milioni riguardano progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale a beneficio degli utenti elettrici e contestuale interesse di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica. Contestualmente, è stato approvato il *Piano Operativo Annuale 2012*, dotato di risorse per 43 milioni di euro, interamente destinate al finanziamento dei piani di realizzazione 2012 di RSE, ENEA e CNR.

Con decreto 17 dicembre 2013, il Ministro dello sviluppo economico ha approvato il *Piano operativo annuale 2013 della ricerca di sistema elettrico nazionale*, poi modificato con decreto del medesimo Ministro del 13 marzo 2014. Il Piano operativo annuale 2013¹ è dotato di risorse per 108,6 milioni di euro. Al finanziamento dei progetti di ricerca svolti nell'ambito degli accordi di programma con RSE, ENEA e CNR sono destinati 58,6 milioni di euro, mentre 50 milioni di Euro sono destinati al finanziamento di progetti selezionati attraverso procedura concorsuale, 16 milioni per il finanziamento di progetti di ricerca fondamentale a totale beneficio degli utenti elettrici, 34 milioni per il finanziamento di progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale a beneficio degli utenti elettrici e contestuale interesse di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica.

Con decreto 11 dicembre 2014, il Ministro dello sviluppo economico ha infine approvato il *Piano operativo annuale (POA) 2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale*, dotato di risorse per 58 milioni di euro, interamente destinati al finanziamento di progetti di ricerca svolti nell'ambito degli accordi di programma del Ministero dello sviluppo economico e RSE, ENEA e CNR. Il Piano è finalizzato alla conclusione delle attività intraprese nelle precedenti annualità, nonché all'implementazione dell'accordo sottoscritto l'8 agosto 2014 da MiSE, Regione autonoma della Sardegna, ENEA e Sotacarbo S.p.A., per lo "*Sviluppo di un polo tecnologico per la ricerca sul carbone pulito e la costruzione di una centrale elettrica clean coal technology*".

La ripartizione delle risorse per aree prioritarie di intervento e per tipologia di ricerca per il Piano Triennale 2012-2014 e per i Piani Operativi Annuali 2012, 2013, 2014 è mostrata nelle tabelle *App./9 - 12*.

¹ Nelle forme approvate con decreto del Ministro dello Sviluppo Economico del 13 marzo 2014.

Tabella App./9 - Piano triennale 2012-2014 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	AdP	Bandi di gara		Totale
	a) ²	a) ²	b) ³	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale				
Evoluzione della domanda e dell'offerta di energia elettrica e scenari futuri	2	-	-	2
Sviluppo del sistema e della rete elettrica nazionale	11	-	-	11
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	17	-	2	19
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo	30	11	8	49
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente				
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energie rinnovabili				
Energia elettrica da biomasse	10	-	5	15
Energia elettrica da fonte eolica	2	-	-	2
Energia elettrica da fonte solare	10	10	5	25
Energia elettrica dal mare	2	-	-	2
Energia elettrica da fonti geotermiche	2,5	-	-	2,5
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	8	-	-	8
Energia nucleare				
Sicurezza, programmi internazionali e reattori innovativi a fissione	8,5	-	-	8,5
Programmi internazionali per la fusione	27	-	-	27
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica				
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	20	-	8	28
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	10	-	-	10
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	5	-	2	7
Mobilità elettrica	5	-	-	5
Totale	170	21	30	221

Tabella App./10 - Piano operativo annuale 2012 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale			
Evoluzione della domanda e dell'offerta di energia elettrica e scenari futuri	1	-	1
Sviluppo del sistema e della rete elettrica nazionale	4	-	4
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	6	-	6
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo	10	-	10
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente			
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energie rinnovabili			
Energia elettrica da biomasse	5	-	5
Energia elettrica da fonte eolica	0,5	-	0,5
Energia elettrica da fonte solare	4,5	-	4,5
Energia elettrica dal mare	0,5	-	0,5
Energia elettrica da fonti geotermiche	1,2	-	1,2
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	2,5	-	2,5
Energia nucleare			
Sicurezza, programmi internazionali e reattori innovativi a fissione	3	-	3
Programmi internazionali per la fusione	9	-	9
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica			
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	8	-	8
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	3	-	3
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	1,8	-	1,8
Mobilità elettrica	2	-	2
Totale	62	-	62

Tabella App./11 - Piano operativo annuale 2013¹ - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	AdP	Bandi di gara		Totale
	a) ²	a) ²	b) ²	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale				
Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale	4,2	-	-	4,2
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	5,6	-	2	7,6
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo				
Generazione distribuita e reti attive	8,4	-	8	26,4
Accumulo di energia elettrica	2			
Materiali di frontiera per l'accumulo elettrico				
Utilizzo del grafene per l'accumulo elettrico	-	5	-	
Altri materiali di frontiera per l'accumulo elettrico	-	3	-	
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente				
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energia rinnovabili				
Energia elettrica da biomasse	3,8	-	5	8,8
Energia elettrica da fonte eolica	0,7	-	-	0,7
Energia elettrica da fonte solare	3	-	5	8
Materiali di frontiera per la conversione fotovoltaica				
Utilizzo del grafene per la conversione fotovoltaica	-	5	-	5
Altri materiali di frontiera per la conversione fotovoltaica	-	3	-	3
Energia elettrica dal mare	0,7	-	-	0,7
Energia elettrica da fonti geotermiche	0,8	-	-	0,8
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	3,5	-	-	3,5
Energia nucleare				
Fissione	3	-	-	3
Componenti innovativi per reattori di IV generazione	-	-	1	1
Fusione	9	-	-	9
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica				
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	7,6	-	11	18,6
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	3,5	-	-	3,5
Utilizzo dell'energia elettrica e solare per condizionamento	1,6	-	2	3,6
Mobilità elettrica	1,2	-	-	1,2
Totale	58,6	16	34	108,6

¹ Nelle forme approvate con decreto del Ministro dello sviluppo economico del 13 marzo 2014.

² Tipologia a): attività di ricerca a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale. Tipologia b): attività di ricerca a beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale e contestualmente di interesse specifico di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica.

Tabella App./12 - Piano operativo annuale 2014 - Ripartizione delle risorse [M€]

Area prioritaria di intervento / Tema di ricerca	Tipologia ricerca		Totale
	a)	b)	
Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale			
Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale	4	-	4
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	5,4	-	5,4
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo	8,7	-	8,7
Materiali e tecnologie per l'accumulo di energia per il sistema elettrico	1,8	-	1,8
Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente			
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energie rinnovabili			
Energia elettrica da biomasse	4,6 a)	-	4,6 a)
Energia elettrica da fonte eolica	0,8	-	0,8
Energia elettrica da fonte solare	3	-	3
Energia elettrica dal mare	1,1	-	1,1
Energia elettrica da fonti geotermiche	0,6	-	0,6
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili	2,5 b)	-	2,5 b)
Energia nucleare			
Fissione nucleare	2,5	-	2,5
Fusione nucleare	9	-	9
Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica			
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	7,7	-	7,7
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	3,5 c)	-	3,5 c)
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	1,4	-	1,4
Mobilità elettrica	1,4	-	1,4
Totale	58	-	58

Di cui, svolte dai soggetti attuatori del Polo Tecnologico del Sulcis: a) 0,5 M€ b) 2,0 M€ c) 0,5 M€

2.1 Progetti di ricerca realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nell'ambito degli accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico

Nell'ambito degli accordi di programma, nel periodo 2006-2014, sono stati finanziati circa 160 progetti, realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR, molti pluriennali. La tabella App./13 riporta i dati relativi ad ogni singolo progetto: chi ne ha curato la realizzazione, il piano annuale di riferimento e il contributo erogato.

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Sviluppo del sistema e della rete elettrica nazionale / Scenari / Evoluzione della domanda e dell'offerta di energia elettrica			
Vigilanza sullo sviluppo del sistema di generazione	RSE	2006	4.000.000
Strumenti per lo studio dello sviluppo delle reti di distribuzione	RSE	2006	3.000.000
Monitoraggio continuo dello stato di sicurezza del sistema elettrico	RSE	2006	1.000.000
Simulazione dell'esercizio del sistema elettrico italiano in regime di mercato	RSE	2006	1.000.000
Indicatori della continuità del servizio e della qualità della potenza	RSE	2006	1.100.000
Il sistema elettrico italiano in regime di mercato e le problematiche di sicurezza	RSE	2006	400.000
Supporto scientifico alle attività regolatorie per il mercato elettrico	RSE	2006	1.300.000
	RSE	2007	1.000.000
	RSE	2008	1.000.000
Sviluppo del sistema di trasmissione	RSE	2007	900.000
Mitigazione dei rischi per il sistema elettrico: monitoraggio dello stato di sicurezza e nuovi strumenti di analisi	RSE	2007	2.400.000
	RSE	2008	2.500.000
Impatto delle regole di mercato e dei vincoli tecnici ed ambientali e per il sistema elettrico italiano	RSE	2007	1.700.000
	RSE	2008	1.700.000
Analisi di scenari di sviluppo dei sistemi di generazione e di trasmissione	RSE	2007	1.100.000
	RSE	2008	1.300.000
Interconnessioni della rete elettrica con i paesi Europei e Mediterranei	RSE	2009	2.500.000
Sicurezza delle infrastrutture del sistema elettrico	RSE	2009	2.000.000
Soluzioni innovative di alimentazione per clienti con esigenze di forniture a qualità superiore	RSE	2007	872.094

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Analisi di scenari di sviluppo del sistema elettrico italiano	RSE	2009	2.000.000
	RSE	2010	1.500.000
	RSE	2011	1.595.000
Qualità della fornitura elettrica	RSE	2009	1.000.000
	RSE	2010	850.000
	RSE	2011	750.000
Metodi e strumenti per la gestione in sicurezza del Sistema Elettrico e dei suoi componenti	RSE	2010	2.150.000
	RSE	2011	2.685.000
Strumenti per la pianificazione e lo sviluppo di interconnessioni con i paesi Europei e Mediterranei	RSE	2010	1.000.000
	RSE	2011	1.090.000
Sviluppo e applicazione di strumenti per la valutazione del rischio di disservizi e per la loro mitigazione	RSE	2010	1.000.000
	RSE	2011	865.000
Evoluzione della domanda e dell'offerta di energia elettrica e scenari futuri	RSE	2012	1.000.000
Sviluppo del sistema elettrico e della rete elettrica nazionale	RSE	2012	4.000.000
Evoluzione e sviluppo del sistema elettrico nazionale	RSE	2013	4.190.355
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica			
Determinazione dei limiti di portata in corrente delle linee aeree	RSE	2006	2.400.000
Evoluzione nella struttura e nella gestione delle reti di distribuzione	RSE	2006	4.000.000
Metodi di quantificazione delle esternalità ambientali delle linee elettriche	RSE	2006	1.100.000
Sviluppo di metodi innovativi di manutenzione sotto tensione	RSE	2006	1.000.000
Applicazioni nel campo delle reti di distribuzione in corrente continua	RSE	2007	900.000
Valutazione condizioni di vita e funzionalità residue dei componenti delle linee aeree con metodiche sotto tensione	RSE	2007	1.400.000
Valutazione delle esternalità ambientali delle linee elettriche e dell'impatto dei rischi ambientali	RSE	2007	1.300.000
	RSE	2008	1.300.000
Applicazioni di tecnologie innovative	RSE	2007	2.300.000
	RSE	2008	2.200.000
Evoluzioni tecnologiche e alternative alle linee aeree	RSE	2007	1.700.000
	RSE	2008	1.700.000
Strumenti per lo sviluppo del sistema di trasmissione e delle reti di distribuzione attive	RSE	2008	1.400.000

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Sviluppo e sperimentazione di sistemi di gestione di microreti	RSE	2007	1.900.000
	RSE	2008	1.500.000
Tecniche di valutazione delle condizioni, della vita e delle funzionalità residue di componenti elettrici mediante metodiche sotto tensione	RSE	2008	1.500.000
Strumenti per lo sviluppo del sistema di trasmissione e delle reti di distribuzione attive	RSE	2008	1.400.000
Tecnologie per la qualità del servizio	RSE	2008	1.500.000
Tecnologie e componenti innovativi per le interconnessioni di rete	RSE	2010	1.500.000
	RSE	2011	1.515.000
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	RSE	2012	5.750.170
	RSE	2013	5.590.043
Generazione distribuita e reti attive			
Generazione distribuita	RSE	2006	900.000
Transizione verso le reti di distribuzione attiva	RSE	2009	4.500.000
Ricerche su reti attive (smart grids)	RSE	2009	4.500.000
Evoluzione verso reti attive	RSE	2010	450.000
Tecnologie e componenti elettrici per reti attive	RSE	2010	2.650.000
Tecniche per la gestione di reti attive	RSE	2010	1.100.000
Attività sperimentali in laboratorio e in campo	RSE	2010	1.350.000
	RSE	2011	1.055.000
Generazione distribuita, sistemi di accumulo e dispositivi di utente	RSE	2009	2.000.000
	RSE	2010	1.450.000
	RSE	2011	660.000
Sistemi di previsione di produzione da FER	RSE	2011	400.000
Studi e sperimentazioni di sistemi di comunicazione per Smart Grid	RSE	2011	1.103.000
Supporto alle istituzioni per iniziative internazionali	RSE	2011	168.000
Sviluppo e controllo di reti attive	RSE	2011	1.490.000
Tecnologie e sensoristica per reti attive	RSE	2011	1.090.000
Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo	RSE	2012	7.600.000
Generazione distribuita e reti attive	RSE	2013	8.400.000
Accumulo per il sistema elettrico			
Sistemi elettrochimici per l'accumulo dell'energia	CNR	2007	600.000
	CNR	2008	1.500.000
Sistemi elettrochimici per la generazione e l'accumulo di energia	CNR	2009-10	2.022.000
	CNR	2011-12	1.491.207

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Sistemi avanzati di accumulo di energia	ENEA	2008-09	1.100.000
	ENEA	2011	1.000.000
	ENEA	2012	857.427
	ENEA	2013	600.000
Sistemi di accumulo di grande taglia	RSE	2011	234.000
Accumulo di energia elettrica	RSE	2013	600.000
Produzione di energia elettrica			
Tecnologie innovative per migliorare le prestazioni ambientali dei cicli combinati	RSE	2006	800.000
	CNR	2006	1.000.000
Tecnologie innovative per migliorare i rendimenti di conversione delle centrali a polverino di carbone	ENEA	2006	1.000.000
Tecnologie innovative che consentono una riduzione dei costi di investimento delle centrali a polverino di carbone	ENEA	2006	2.000.000
Metodologie avanzate per la misura di microinquinanti organici e inorganici	RSE	2006	1.500.000
Tecnologie innovative per migliorare le prestazioni ambientali delle centrali a polverino di carbone	RSE	2006	1.000.000
	CNR	2006	1.475.536
	CNR	2007	1.469.658
Centrali elettriche per la coproduzione di energia elettrica e idrogeno	ENEA	2006	1.000.000
	RSE	2006	2.000.000
	ENEA	2007	1.000.000
	RSE	2007	1.300.000
Tecnologie innovative impianti a carbone	RSE	2007	900.000
Sviluppo ed applicazione dei metodi per la quantificazione dell'impatto dei microinquinanti e opportunità di mitigazione	RSE	2007	1.300.000
	RSE	2008	1.300.000
Flessibilità e affidabilità degli impianti a ciclo combinato	RSE	2007	1.800.000
	RSE	2008	1.500.000
Studi e sperimentazioni sui potenziali sviluppi delle energie rinnovabili			
Valutazione e proposte di possibili futuri progetti di ricerca su fonti energetiche rinnovabili	RSE	2008	500.000
Previsioni di produzione da fonti rinnovabili	RSE	2010	600.000

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Energia elettrica da biomasse			
Censimento del potenziale energetico nazionale delle biomasse	ENEA	2006	800.000
Valutazione e utilizzazione dei biocombustibili ottenuti da residui o scarti agricoli di scarso valore intrinseco e di alghe per l'applicazione in impianti di cogenerazione basati su microturbine	CNR	2007	1.000.000
	CNR	2008	1.000.000
	CNR	2009-10	1.196.000
Compatibilità ambientale e utilizzo biomasse	RSE	2009	1.300.000
	RSE	2010	950.000
Sviluppo di tecnologie e impianti pilota per la produzione locale da biomasse e scarti	RSE	2009	1.200.000
	RSE	2010	1.050.000
Studi sulla produzione elettrica locale da biomasse e scarti	ENEA	2008-09	2.100.000
	ENEA	2011	1.281.585
Sviluppo di sistemi per la produzione di energia elettrica da biomasse e l'upgrading dei biocombustibili	ENEA	2012	1.846.254
	ENEA	2013	1.339.775
Valutazione ed utilizzazione dei biocombustibili ottenuti da residui o scarti agricoli di scarso valore intrinseco e di alghe per l'applicazione in impianti di cogenerazione basati su microturbine	CNR	2009/10	1.196.000
	CNR	2011-12	654.000
Energia elettrica da biomasse	RSE	2012	2.375.557
	RSE	2013	1.500.000
Energia elettrica da fonte idroelettrica			
Censimento del potenziale mini-idroelettrico nazionale (potenza unitaria < 1MWe)	RSE	2006	800.000
Sicurezza dei bacini idroelettrici italiani e utilizzo ottimale della risorsa idrica	RSE	2006	1.000.000
	RSE	2007	1.700.000
	RSE	2008	1.700.000
Metodi per la sicurezza dei bacini idroelettrici e l'utilizzo ottimale della risorsa idrica	RSE	2009	2.500.000
Gestione della risorsa idrica e sicurezza delle infrastrutture idroelettriche	RSE	2010	2.600.000
Gestione della risorsa idrica	RSE	2011	897.673
Energia elettrica da fonte eolica			
Sviluppo e potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte eolica	RSE	2007	900.000
Produzione di energia da fonte eolica con particolare riferimento ai sistemi off-shore	RSE	2008	1.100.000
Aspetti tecnologici ed ambientali della fonte eolica	RSE	2010	1.300.000
Completamento e affinamento della mappa eolica italiana	RSE	2011	1.107.000

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Energia elettrica da fonte eolica e da fonte marina	RSE	2012	Vedi Energia elettrica da fonte marina
	RSE	2013	Vedi Energia elettrica da fonte marina
Energia elettrica da fonte solare			
Sviluppo di tecnologie avanzate per componenti fotovoltaici innovativi	ENEA	2007	1.500.000
Ricerca su celle fotovoltaiche innovative	ENEA	2008/09	2.100.000
	ENEA	2011	2.000.000
Studi sul fotovoltaico con concentrazione solare	RSE	2009	2.500.000
	RSE	2010	2.000.000
	RSE	2011	2.000.000
Energia elettrica da fonte solare	ENEA	2012	2.408.373
	ENEA	2013	1.500.000
	RSE	2012	1.834.000
	RSE	2013	1.500.000
Energia elettrica da fonti geotermiche			
Energia elettrica da fonti geotermiche	RSE	2012	1.196.434
	RSE	2013	800.000
Energia elettrica dal mare			
Studi e valutazioni sul potenziale energetico delle correnti marine	ENEA	2008-09	500.000
	ENEA	2011	300.000
Energia da moti marini	RSE	2011	195.000
Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso	ENEA	2012	255.749
	ENEA	2013	300.000
Energia elettrica da fonte eolica e da fonte marina	RSE	2012	700.000
	RSE	2013	1.100.000
Cattura e sequestro della CO₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili			
Censimento dei depositi geologici italiani	RSE	2006	1.000.000
Tecnologie di gassificazione del carbone con cattura e sequestro della CO ₂	ENEA	2007	3.000.000
Sviluppo di un sistema innovativo di combustione oxicomustion - di tipo flameless - di carbone per impianti di produzione di elettricità con ridottissimi livelli di emissione predisposti per la cattura della CO ₂	ENEA	2007	1.500.000
Tecnologie per la cattura della CO ₂	RSE	2007	1.000.000
Caratterizzazione dei siti per lo stoccaggio della CO ₂	RSE	2007	1.900.000
	RSE	2008	1.800.000
Tecnologie per il carbone pulito	RSE	2008	2.500.000
Cattura e sequestro della CO ₂	RSE	2009	3.000.000

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Utilizzo pulito dei combustibili fossili e cattura della CO ₂	CNR	2008	1.500.000
	CNR	2009/10	1.486.000
Cattura e sequestro della CO ₂ prodotta dall'utilizzo dei combustibili fossili	ENEA	2008/09	4.470.590
	ENEA	2011	3.933.448
	ENEA	2012	2.403.979
	ENEA	2013	3.290.615
Impiego sostenibile dei combustibili fossili	RSE	2009	1.000.000
	RSE	2010	950.000
	RSE	2011	900.000
Cattura della CO ₂	RSE	2010	1.450.000
	RSE	2011	2.350.000
Trasporto e confinamento della CO ₂	RSE	2010	2.100.000
	RSE	2011	2.400.000
Energia da fonte nucleare			
Nuovo nucleare da fissione	ENEA	2006	5.500.000
	ENEA	2007	6.000.000
	ENEA	2008-09	8.861.900
	ENEA	2011	5.000.000
Metodi di analisi e verifica di progetti nucleari di generazione evolutiva ad acqua pressurizzata	ENEA	2010	2.000.000
Collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare	RSE	2009	1.500.000
	RSE	2010	1.500.000
	RSE	2011	1.000.000
Sviluppo competenze scientifiche nel campo della sicurezza nucleare e collaborazione ai programmi internazionali per il nucleare di IV generazione	ENEA	2012	3.000.000
	ENEA	2013	2.965.978
Attività di fisica e tecnologia della fusione complementari ad ITER	ENEA	2010	5.000.000
	ENEA	2011	9.000.000
	ENEA	2012	8.614.418
	ENEA	2013	8.990.000
Celle a combustibile			
Celle a combustibile per applicazioni stazionarie cogenerative, anche con l'utilizzo di biogas e biomasse	ENEA	2006	2.200.000
	ENEA	2007	2.000.000
	CNR	2006	2.339.789
	CNR	2007	1.500.000
	CNR	2008	600.000

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi			
Organizzazione della domanda e valorizzazione dell'offerta di tecnologie e di servizi avanzati	RSE	2006	1.200.000
Promozione delle tecnologie elettriche innovative e delle applicazioni efficienti negli usi finali	RSE	2006	600.000
Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali	ENEA	2006	1.739.533
Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la realizzazione dei consumi elettrici a larga scala territoriale e urbana	ENEA	2006	1.094.099
Sviluppo delle linee guida ed indici di riferimento per il legislatore	ENEA	2006	1.095.667
Sviluppo e dimostrazione di nuovi metodi per ottimizzare l'interazione fra rete elettrica e piccole utenze	RSE	2006	1.200.000
Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione. Interazione condizionamento e illuminazione.	ENEA	2006	2.397.557
	ENEA	2007	1.196.598
Mini-Micro-cogenerazione, Co-Trigenerazione, Accumulo	RSE	2007	3.500.000
Sistemi di Mini-Micro-generazione elettrica, fotovoltaico a concentrazione e sistemi di accumulo	RSE	2007	4.500.000
Sviluppo di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana.	ENEA	2007	788.789
Elettrotecnologie innovative per i settori produttivi: applicazioni su scala reale	ENEA	2007	1.419.754
Evoluzione della domanda elettrica e delle tecnologie per usi finali	RSE	2007	1.200.000
	RSE	2008	1.000.000
Strategie e sistemi di gestione interattiva prelievi di potenza	RSE	2007	800.000
	RSE	2008	1.000.000
Razionalizzazione dell'illuminazione pubblica	RSE	2008	500.000
Tecnologie di risparmio elettrico e componenti per migliorare l'efficienza della rete elettrica	RSE	2009	2.000.000
	RSE	2010	1.500.000
Misure per l'incremento di efficienza energetica negli usi finali	RSE	2009	3.000.000
Strumenti e tecnologie per l'efficienza energetica nel settore dei servizi	ENEA	2008/09	1.100.000
	ENEA	2011	700.000

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Tecnologie per il risparmio elettrico nel settore civile	ENEA	2008/09	1.500.000
	ENEA	2011	900.000
Tecnologie "smart" per l'integrazione dell'illuminazione pubblica con altre reti di servizi energetici e loro integrazione e ottimizzazione	ENEA	2007	626.502
	ENEA	2008/09	900.000
	ENEA	2010	1.000.000
	ENEA	2011	1.300.000
Risparmio di energia elettrica nel settore civile : Supporto scientifico alle politiche energetiche nazionali e comunitarie	RSE	2010	1.000.000
	RSE	2011	1.185.000
Risparmio di energia elettrica nell'illuminazione pubblica	RSE	2011	660.000
Tecnologie di risparmio elettrico e nei settori collegati industria e servizi	RSE	2011	2.762.000
Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi	ENEA	2012	1.982.169
	ENEA	2013	1.800.000
	RSE	2012	4.866.000
	RSE	2013	5.000.000
Risparmi di energia elettrica attraverso l'uso efficiente di tecnologie innovative	CNR	2011/12	1.076.997
Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico	ENEA	2012	2.739.890
	ENEA	2013	3.479.000
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione			
Sistemi di climatizzazione estiva ed invernale assistiti da fonti rinnovabili	ENEA	2007	792.450
Utilizzo di energia solare per il condizionamento estivo	CNR	2007	389.032
	CNR	2008	400.000
Condizionamento estivo	CNR	2009/10	390.000
Climatizzazione solare ad adsorbimento	CNR	2011/12	387.672
Utilizzo dell'energia elettrica e solare per la climatizzazione estiva	ENEA	2008/09	1.200.000
	ENEA	2011	700.000
Utilizzo dell'energia elettrica e solare per il condizionamento: misure per l'incremento di efficienza energetica degli usi finali	RSE	2010	1.000.000
Utilizzo dell'energia elettrica e solare per il condizionamento estivo	RSE	2011	143.000
	RSE	2012	479.944
Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione	ENEA	2012	765.924
	ENEA	2013	800.000
	RSE	2013	581.420

Tabella App./13 Progetti realizzati da RSE S.p.A., ENEA e CNR nel periodo 2006-2014, piano annuale di riferimento e relativo finanziamento a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico (segue)

Tema di ricerca/Progetto	Organizzazione	Piano annuale	Contributo erogato [€]
Mobilità elettrica			
Studi per lo sviluppo di materiali innovativi per il risparmio di energia nel settore elettrico, con particolare attenzione ai materiali per mezzo di trasporto collettivi elettrici	RSE	2010	1.000.000
Risparmio di energia elettrica nei mezzi di trasporto: nuovi materiali e componenti innovativi per i mezzi di trasporto	ENEA	2008/09	1.000.000
	ENEA	2011	800.000
Impatto sul sistema elettrico della potenziale diffusione dei veicoli elettrici (PHEV)	RSE	2009	1.000.000
	RSE	2011	1.200.000
Prodotti e processi per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'elettromobilità	ENEA	2012	686.781
	ENEA	2013	400.000
Mobilità elettrica	RSE	2012	1.300.000
	RSE	2013	692.440
Materiali e tecnologie abilitanti per la ricerca di sistema elettrico			
Materiali e tecnologie abilitanti per la ricerca di sistema elettrico	CNR	2009/10	870.000
	CNR	2011/12	634.056

In figura 2 e 2b sono riportate la ripartizione delle risorse erogate e delle risorse attribuite per anno, nel periodo 2006-2014, a favore di RSE S.p.A., ENEA e CNR, per la realizzazione dei progetti previsti dagli accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico.

Fig. 2 - Risorse erogate per il periodo 2006-2014 nell'ambito degli accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico

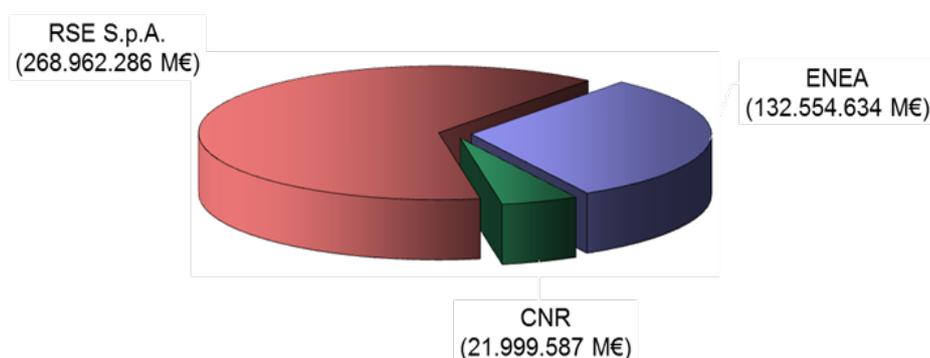
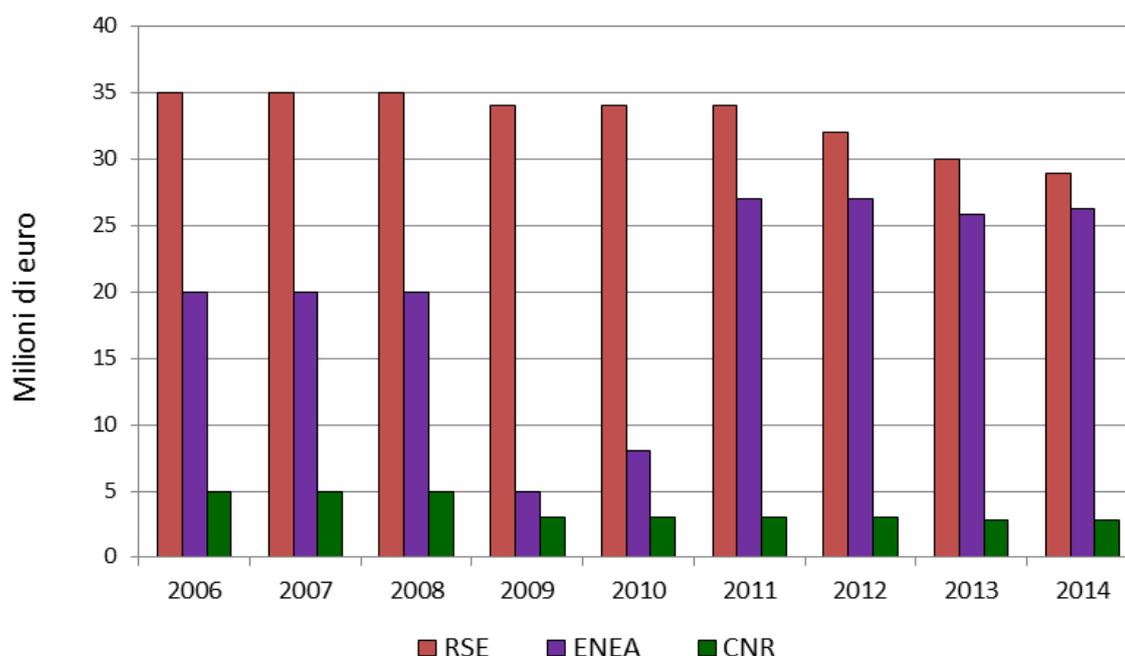


Fig. 2b - Risorse attribuite a RSE, ENEA e CNR per il periodo 2006-2014 nell'ambito degli accordi di programma con il Ministero dello sviluppo economico



2.2 Bando per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico del 12 dicembre 2008

Con decreto del Direttore generale per l'energia e le risorse minerarie del 12 dicembre 2008, il Ministero dello sviluppo economico ha approvato un primo bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico. Il bando, predisposto dalla Segreteria operativa sulla base dei criteri definiti dall'Autorità nelle funzioni del CERSE, dotato di risorse per 54,1 milioni di euro, era destinato al cofinanziamento di attività di ricerca a beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale e, contestualmente, di interesse specifico di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica.

In risposta al bando, sono pervenute 81 proposte di progetto, 61 delle quali ammesse alla valutazione di merito. L'attività di valutazione delle proposte di progetto è stata organizzata dall'Autorità, nelle funzioni del CERSE, che si è avvalsa della Segreteria operativa e di 19 esperti individuati con propria deliberazione 5 agosto 2009, RDS 9/09. Le proposte di progetto sono state valutate con riferimento all'innovazione nella conoscenza e nello sviluppo tecnologico, alla qualità scientifica e tecnologica dei proponenti, alla coerenza e qualità della proposta, ai benefici attesi per gli utenti del sistema elettrico nazionale e alla capacità di valorizzazione dei risultati.

Al termine del processo di valutazione delle proposte, svoltosi nel periodo settembre-novembre 2009, sono risultati adeguati e ammessi alle graduatorie 26 progetti, per un costo ammissibile complessivo di circa 77 milioni di euro, 22,4 dei quali finanziati a carico del Fondo per la ricerca di sistema elettrico. Le graduatorie dei progetti ammessi al finanziamento, predisposte e trasmesse dal CERSE, sono state approvate dal Ministero dello sviluppo economico con decreto 16 febbraio 2010. Nelle tabelle seguenti sono mostrati gli esiti delle procedure di valutazione e alcune caratteristiche salienti delle proposte di progetto ammesse al finanziamento.

Successivamente all'approvazione del decreto del Ministro dello sviluppo economico, di intesa con l'Autorità, del 16 settembre 2010, recante *"Determinazione dell'ammontare del diritto di cui all'art. 10, comma 2, lettera b) del decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con il Ministro del tesoro, del bilancio e della programmazione economica, dell'economia 26 gennaio 2000 per l'utilizzo dei risultati delle attività di ricerca finanziata a valere sul Fondo per la ricerca di sistema elettrico"*, sono state avviate le procedure per giungere alla firma dei contratti di ricerca tra le compagini di progetto e la Cassa congruaglio per il settore elettrico, chiuse in tempi diversi nel biennio 2011-2012.

Tabella IV - Graduatorie di merito per i gruppi tematici di cui al bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico (d.m. 12.12.2008)

Acronimo	Progetto	Tema di ricerca	Capofila / Proponenti	Costo	Contributo ammissibile
Gruppo tematico Promozione dello sviluppo dei sistemi					
ATLANTIDE	Archivio telematico per il riferimento nazionale di reti di distribuzione elettrica: modelli e simulazioni di scenari evolutivi per i nuovi profili di generazione e carico.	Modelli di riferimento delle reti di distribuzione MT-BT	ENEL Ingegneria e Innovazione Università di Padova Università di Cagliari Seconda Università di Napoli	2.582.123,97	817.699,19
Gruppo tematico Sviluppo dispositivi di governo di sistema					
SDMXDSM	Sistemi e dispositivi di tele misura e tele attuazione per l'applicazione di tecniche di "demand side management" alle piccole utenze.	Sistemi ICT per la interazione utente-sistema-mercato per piccole utenze	Consorzio CO.M.E.A. Business Solution S.r.l. Università di Salerno Università di Cassino	2.600.000,00	791.770,50
ICT per DR	Sistema ICT integrato per demand response da applicare a piccole utenze attraverso tariffazione flessibile, distacco dei carichi da remoto o alimentazione con generazione distribuita.	Sistemi ICT per la interazione utente-sistema-mercato per piccole utenze	Obiettivo Energia S.r.l. NIER Ingegneria S.p.A. INNOWATIO S.p.A.	3.738.888,00	669.196,00
SDG	Progettazione e sperimentazione su larga scala di un sistema decentralizzato per la gestione negoziata tra distributore e clienti domestici dell'energia elettrica (SMART DOMO GRID).	Sistemi ICT per la interazione utente-sistema-mercato per piccole utenze	Selene S.p.A. Politecnico di Milano Whirpool Europe S.r.l. Ilight S.p.A.	3.462.970,00	841.207,50
Gruppo tematico Fonti rinnovabili					
ISI-CPV	Innovative Silicon-Concentration PhotoVoltaic module.	Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili	Optoelettronica Italia S.r.l. Fondazione Bruno Kessler EDIPOWER	3.997.466,46	1.187.900,00
DEVELTAR	Utilizzo sinergico di corona pulsata e microonde per migliorare il rendimento di conversione in energia elettrica da pirogassificazione di biomasse.	Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili	Sea Marconi Technologies S.a.s. Spike Renewables S.r.l. Xynertech S.r.l.	1.311.781,00	583.100,00
ENERGAVI	Sviluppo di un sistema innovativo di produzione di energia elettrica alimentato da rifiuti degli allevamenti avicoli.	Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili	S.R.S. Servizi di Ricerche e Sviluppo S.r.l. Planitec S.r.l. S.R.S. Engineering Design S.r.l.	1.200.720,00	397.961,00
GERICC-ISPA	Generazione da fonti rinnovabili con Celle a Combustibile a Carbonati Fusi: effetti delle impurezze nelle miscele di alimentazione, sperimentazione su stack di piena area.	Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili	Ansaldo Fuel Cells S.p.A.	1.373.000,00	420.318,56
TEONAT	Studio, progettazione e sperimentazione di una nuova tecnologia per la produzione di energia elettrica da oli vegetali di qualsiasi provenienza.	Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili	BPP S.p.A.	2.549.397,12	843.406,00
Piro4MiniPower	Produzione distribuita di energia elettrica e calore da pirilisi di matrici organiche residuali.	Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili	TecnoCentro Eng S.r.l. ISRIM Scari	3.172.376,00	978.820,00
FIPEM	Filiera di produzione energetica da microalghe.	Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili	3.994.848,00	693.056,64	
BioHyTech	Sviluppo tecnologico di processi di gassificazione ad alto rendimento per la produzione di idrogeno da fonti rinnovabili.	Tecnologie innovative di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili	Officina meccanica la PROMETEC S.r.l. RPS CONSULTING S.r.l. TEA S.r.l. Università di Catania	3.114.000,00	992.190,00

Tabella IV - Graduatorie di merito per i gruppi tematici di cui al bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico (d.m. 12.12.2008)

Acronimo	Progetto	Tema di ricerca	Capofila / Proponenti	Costo	Contributo ammissibile
Gruppo tematico Normative di trasmissione e distribuzione					
METERGLOB	Contributo delle masse estranee estese alla rete di terra globale.	Contributo delle masse estranee estese alla "rete di terra globale"	ENEL Distribuzione S.p.A. Politecnico di Torino Politecnico di Bari Università di Roma La Sapienza Università di Palermo Istituto Italiano del Marchio di Qualità S.p.A.	2.500.265,00	831.329,40
Gruppo tematico Tecniche di trasmissione e distribuzione					
ECO-REDI	Connessione alla rete di distribuzione di impianti di generazione di energia elettrica da fonte rinnovabile di grande potenza.	Apparati e impianti innovativi per l'evoluzione delle reti di distribuzione	Ansaldo Sistemi Industriali S.p.A.	4.682.819,00	1.194.785,79
AIIP	Apparato estensibile con funzioni integrate di automazione, monitoraggio, interruzione e protezione per reti elettriche in media tensione.	Apparati e impianti innovativi per l'evoluzione delle reti di distribuzione	Col Giovanni Paolo S.p.A. Università di Catania	1.792.242,45	566.420,88
UMALS	Mappatura 3D ad alta velocità dei sottoservizi e sistema automatico di posa cavi energia.	Nuove tecnologie di posa di linee interrate in sedi stradali o autostradali	Tesmec S.p.A. Prysmian S.p.A. Politecnico di Milano	3.753.793,87	1.057.616,05
INTEGRIT	Integrazione di linee di trasmissione elettrica in cavo in grandi infrastrutture di trasporto stradale ed autostradale verso un utilizzo affidabile delle sinergie.	Nuove tecnologie di posa di linee interrate in sedi stradali o autostradali	Terna S.p.A. Università di Padova CIE S.p.A. Musinet Engineering S.p.,A.	3.999.964,50	1.111.408,50
Gruppo tematico Strategie di trasmissione e distribuzione					
SmartGen	Studio, sviluppo e validazione di metodi e strumenti innovativi per la gestione di reti di distribuzione attive con generazione da fonte rinnovabile.	Evoluzione nella struttura e nella gestione delle reti di distribuzione	Softeco Sismat S.p.A. Enel Ingegneria e Innovazione S.p.A. SDI automazione industriale S.r.l. Università di Bologna Università di Genova	3.652.549,00	1.127.997,00
S_GRID	Micro-rete in isola per distribuzione energia elettrica dotata di PMS per controllo di generatori FER di carichi ed interscambio con rete pubblica.	Evoluzione nella struttura e nella gestione delle reti di distribuzione	Ansaldo Sistemi Industriali S.p.A.	4.826.847,00	945.140,17
SCHEMA	Criteri innovativi per la gestione della rete MT - Esercizio della rete MT in Schema magliato.	Evoluzione nella struttura e nella gestione delle reti di distribuzione	ENEL Distribuzione S.p.A.	3.916.029,00	1.130.067,25
Gruppo tematico Componenti e impianti innovativi					
ECOFRESH	Sistema trigenerativo innovativo ad elevata efficienza per utenze heavy duty con richiesta continuativa di energia frigorifera.	Sviluppo di componenti e impianti innovativi per la trigenerazione distribuita di piccola taglia	Meta System S.p.A. NST S.p.A.	3.028.400,00	802.940,00
MATEC	Nuovi materiali e nuove tecnologie e per un cogeneratore prototipo a combustione interna.	Sviluppo di componenti e impianti innovativi per la trigenerazione distribuita di piccola taglia	Rielloway S.r.l. CNR - Dipartimento Energia e Trasporti	3.634.663,00	1.217.548,08
ACCESS	Advanced Components for Competitive and high Efficiency Small Scale cogeneration.	Sviluppo di componenti e impianti innovativi per la trigenerazione distribuita di piccola taglia	Centro Ricerche Fiat S.c.p.a. Consorzio AREA Astrid Energy Enterprises S.p.A. BestGroup S.r.l. ISNOVA S.c.r.l.	2.731.716,38	825.625,67

Tabella IV - Graduatorie di merito per i gruppi tematici di cui al bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico (d.m. 12.12.2008)

Acronimo	Progetto	Tema di ricerca	Capofila / Proponenti	Costo	Contributo ammissibile
Gruppo tematico Componenti e impianti innovativi (segue)					
STAR	Sidera Trigenerazione ad Alto Rendimento.	Sviluppo di componenti e impianti innovativi per la trigenerazione distribuita di piccola taglia	ICI Caldaie S.p.A. Politecnico di Milano Recuperator S.r.l.	1.934.303,00	644.437,00
AGV13000	Azionamento elettrico di tipo superveloce per elevate potenze ed elevate tensioni per il conseguimento dell'efficienza energetica negli impianti elettrici dell'industria.	Componenti efficienti per impianti elettrici	Ansaldo Sistemi Industriali S.p.A.	4.918.673,00	926.422,00
SIRRC	Sistema per la Razionalizzazione energetica Residenziale con integrazione del Condizionamento Estivo.	Sviluppo di componenti e impianti innovativi per la razionalizzazione dei consumi elettrici negli edifici con particolare riferimento al condizionamento estivo	BTicino S.p.A. Università dell'Aquila Università di Palermo Università di Salerno Università di Roma La Sapienza Politecnico di Torino	2.222.258,06	790.702,01

Nel corso del 2011 e del 2012, gli assegnatari di 8 progetti hanno invece dichiarato di non essere più intenzionati ad avviare le attività e hanno quindi rinunciato al finanziamento, adducendo prevalentemente il cessato interesse o il manifestarsi di difficoltà economiche. Inoltre, con decreti del Direttore generale per il Mercato elettrico, le Rinnovabili e l'Efficienza energetica, il Nucleare del 23 e del 24 settembre 2014, il progetto BioHyTech è stato escluso dalle graduatorie di cui al decreto ministeriale 16 febbraio 2010, mentre il progetto Piro4MiniPower ha subito la revoca del contributo assegnato.

Al 31 dicembre 2014 risultano conclusi cinque progetti, per i quali sono stati approvati dall'Autorità, nelle funzioni del CERSE, i rispettivi consuntivi ed erogate le quote di contribuzione a saldo:

- *Sistema per la razionalizzazione energetica residenziale con integrazione del condizionamento estivo (SIRRCE).*
- *Archivio telematico per il riferimento nazionale di reti di distribuzione elettrica: modelli e simulazioni di scenari evolutivi per i nuovi profili di generazione e carico (Atlantide).*
- *Apparato estensibile con funzioni Integrate di automazione, monitoraggio, Interruzione e Protezione per reti elettriche in media tensione (AIIIP).*
- *Microrete in isola per distribuzione di energia elettrica, dotata di PMS per controllo di generatori FER, di carichi ed interscambio con rete pubblica (S_GRID).*
- *Sistemi e Dispositivi per la tele Misura e la tele attuazione per l'applicazione di tecniche di Demand Side Management alle piccole utenze (SDMxDSM).*

Per quanto riguarda i progetti ancora in corso al 31 dicembre 2014, è prevedibile una loro conclusione nel corso del 2015 e del 2016.

Fig. 3 - Bando per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico 12 dicembre 2008 - Esiti delle valutazioni

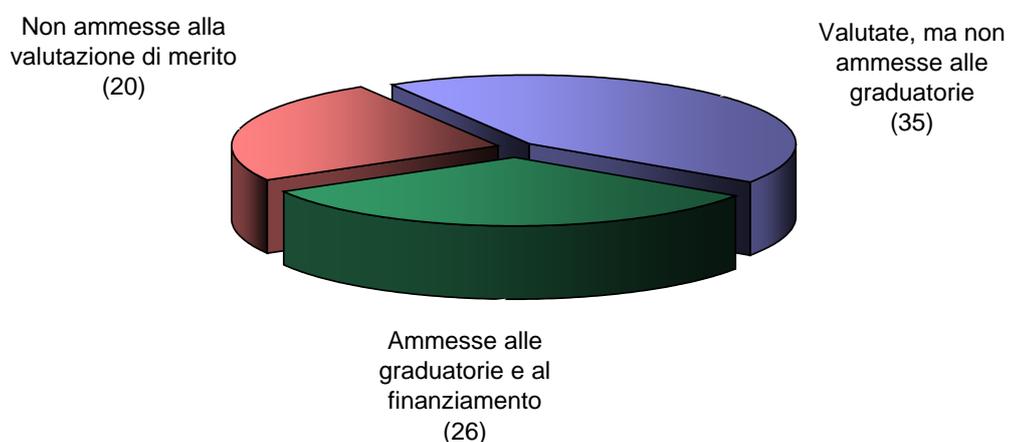


Fig. 4 - Progetti ammessi al finanziamento per gruppo tematico

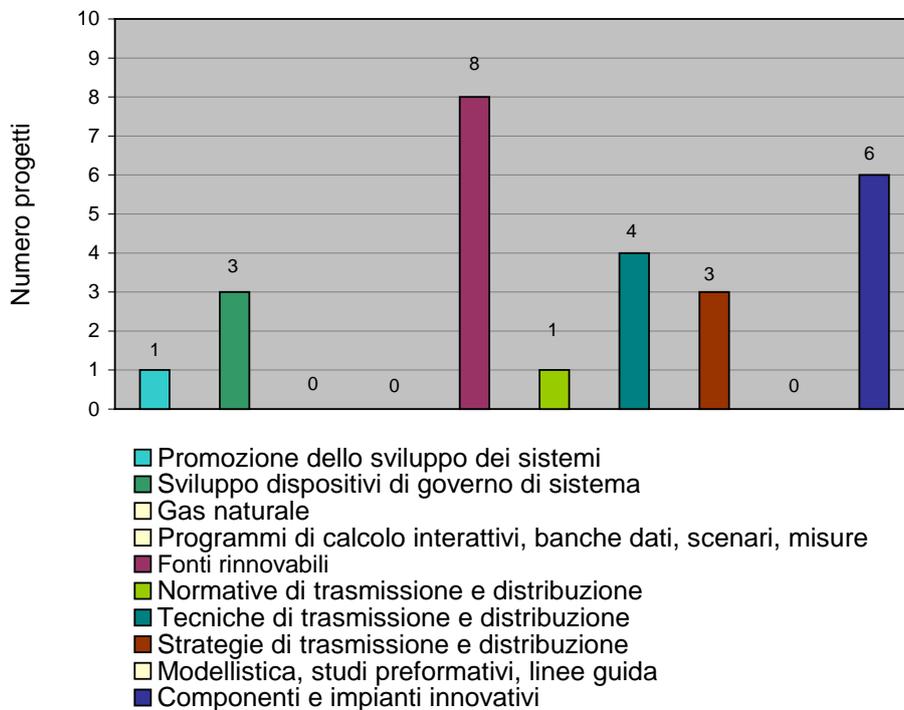


Fig. 5 - Bando per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico 12 dicembre 2008 - Tipologia capofila

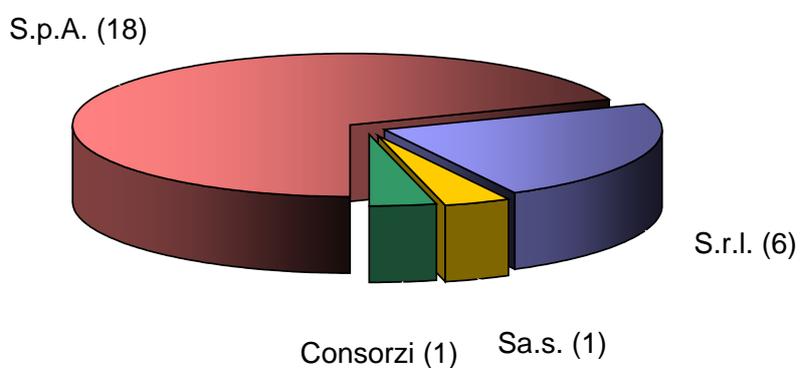


Fig. 6 - Bando per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico 12 dicembre 2008 - Numerosità proponenti

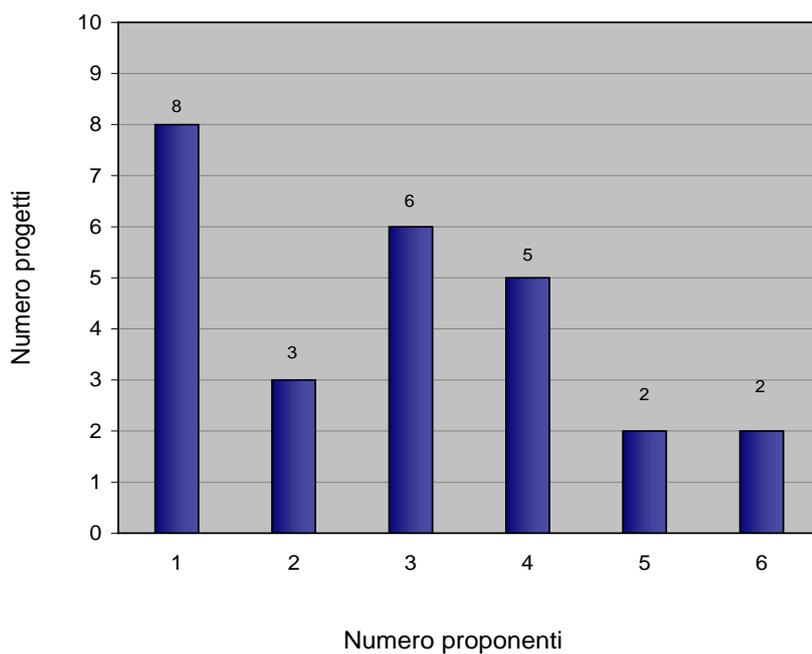


Fig. 7 - Bando per la selezione di progetti di ricerca di sistema elettrico 12 dicembre 2008 - Partecipazione universitaria

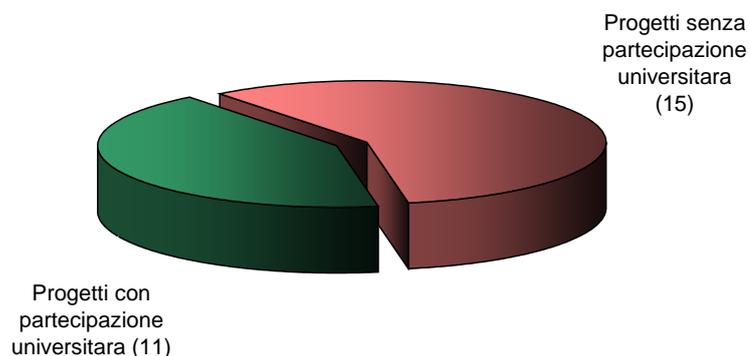


Tabella App./10 - Atenei coinvolti nella realizzazione dei progetti ammessi alle graduatorie ai sensi del Bando 12 dicembre 2008

Ateneo	Partecipazioni
Politecnico di Bari	1
Politecnico di Milano	3
Politecnico di Torino	2
Seconda Università di Napoli	1
Università dell'Aquila	1
Università di Bologna	1
Università di Cagliari	1
Università di Cassino	1
Università di Catania	2
Università di Genova	1
Università di Padova	2
Università di Palermo	2
Università di Salerno	2
Università La Sapienza	2

2.3 Esperti nei settori della ricerca e dello sviluppo del settore elettrico coinvolti nelle attività di valutazione e verifica dei progetti di ricerca

L'Autorità organizza le attività di valutazione sui progetti di ricerca di sistema elettrico avvalendosi degli esperti inseriti in un apposito elenco, formato con deliberazione 19 settembre 2007, n. 214, e aggiornato con le deliberazioni 26 giugno 2009, n. RDS 6/09, e 19 luglio 2012, n. 303/2012/rds. Per effetto di quest'ultima, l'Elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico risulta formato da 115 esperti, dotati di adeguata esperienza e delle necessarie competenze per lo svolgimento dei compiti previsti.

Gli esperti da incaricare per le specifiche attività di valutazione sono individuati dall'Autorità, nelle funzioni del CERSE, secondo criteri di competenza, esperienza, rotazione, continuità tra fasi di valutazione correlate, assenza di cause di incompatibilità.

Al 31 dicembre 2014 risultano coinvolti nelle attività di valutazione di programmi e progetti nel settore elettrico 78 esperti, per complessivi 416 incarichi di valutazione.

Appendice 2

Normativa di riferimento in materia di ricerca di sistema elettrico

Normativa di riferimento in materia di ricerca di sistema elettrico

Per un eventuale approfondimento, vengono riportati gli atti più significativi per la ricerca di sistema elettrico:

Normativa UE

- Direttiva 96/92/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 dicembre 1996 concernente norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica.
- Disciplina comunitaria in materia di aiuti di Stato a favore di ricerca, sviluppo e innovazione (2006/C 3232/01).
- Regolamento (CE) N. 800/2008 della Commissione del 6 agosto 2008, che dichiara alcune categorie di aiuti compatibili con il mercato comune in applicazione degli articoli 87 e 88 del trattato (regolamento generale di esenzione per categoria).
- Disciplina degli aiuti di Stato a favore di ricerca, sviluppo e innovazione (2014/C 198/01).

Normativa nazionale

- Decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79 - *"Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica"*.
- Decreto del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di concerto col Ministro del Tesoro, del Bilancio e della Programmazione economica, 26 gennaio 2000 - *"Individuazione degli oneri generali afferenti al sistema elettrico"* (modificato con decreto del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di concerto col Ministro del Tesoro, del Bilancio e della Programmazione economica, 17 aprile 2001).
- Decreto del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di concerto col Ministro del Tesoro, del Bilancio e della Programmazione economica, 17 aprile 2001 - *"Modifiche al decreto 26 gennaio 2000 del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con il Ministro del tesoro, del bilancio e della programmazione economica di individuazione degli oneri generali afferenti al sistema elettrico"*.
- Decreto del Ministro delle Attività Produttive 28 febbraio 2003 - *"Modalità di gestione del Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale"* (abrogato con decreto del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006).
- Legge 17 aprile 2003, n. 83 - *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 18 febbraio 2003, n.25, recante disposizioni urgenti in materia di oneri generali del sistema elettrico. Sanatoria degli effetti del decreto-legge 23 dicembre 2002, n. 281"*.

- Decreto del Ministro delle attività produttive 16 maggio 2003, con il quale è stato costituito e sono stati nominati per un triennio i componenti del Comitato di esperti di ricerca per il settore elettrico (CERSE).
- Decreto del Ministro delle attività produttive 19 ottobre 2004, recante modifiche al decreto 16 maggio 2003.
- Decreto del Ministro delle attività produttive 22 settembre 2005, recante ulteriori modifiche al decreto 16 maggio 2003.
- Decreto del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006 - "*Nuove modalità di gestione del Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale e abrogazione del decreto del Ministro delle attività produttive 28 febbraio 2003*".
- Decreto del Ministro delle Attività Produttive 23 marzo 2006 - "*Approvazione del Piano triennale della ricerca di sistema e Piano operativo annuale per le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale e attribuzione delle risorse del Fondo, di cui al decreto 26 gennaio 2000*".
- Decreto Legge 18 giugno 2007, n. 73 - "*Misure urgenti per l'attuazione di disposizioni comunitarie in materia di liberalizzazione dei mercati dell'energia*" (convertito, con modificazioni, nella Legge 125/07).
- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 21 giugno 2007 - "*Disposizioni transitorie per la gestione del Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale, di cui al decreto interministeriale 26 gennaio 2000*".
- Decreto del Direttore generale per l'energia e le risorse minerarie del 22 giugno 2007, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto il 21 giugno 2007 tra la medesima Direzione generale del Ministero dello Sviluppo Economico e il CNR, per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2006-2008.
- Decreto del Direttore generale per l'energia e le risorse minerarie del 22 giugno 2007, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto il 21 giugno 2007 tra la medesima Direzione generale del Ministero dello Sviluppo Economico e l'ENEA, per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2006-2008.
- Decreto del Direttore generale per l'energia e le risorse minerarie del 22 giugno 2007, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto il 21 giugno 2007 tra la medesima Direzione generale del Ministero dello Sviluppo Economico e CESI Ricerca S.p.A. (ora RSE S.p.A.), per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2006-2008.
- Legge 3 agosto 2007, n. 125 - "*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 18 giugno 2007, n. 73, recante misure urgenti per l'attuazione*

di disposizioni comunitarie in materia di liberalizzazione dei mercati dell'energia".

- Decreto del Direttore generale per l'energia e le risorse minerarie del 12 dicembre 2008 - *"Approvazione del bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema"*.
- Decreto Legge 30 dicembre 2008, n. 207 - *"Proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni finanziarie urgenti"*.
- Legge 27 febbraio 2009, n. 14 - *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 dicembre 2008, n. 207, recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni finanziarie urgenti"*.
- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 19 marzo 2009 - *"Approvazione del Piano triennale per la ricerca nell'ambito del sistema elettrico nazionale 2009-2011 e relativo Piano operativo annuale per l'anno 2009"*.
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 4 maggio 2009 - *"Rettifica del Decreto ministeriale del 12 dicembre 2008"*.
- Legge 23 luglio 2009, n. 99 - *"Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia"*.
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 30 luglio 2009, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto il 29 luglio 2009 tra la medesima Direzione generale e ERSE S.p.A. (ora RSE S.p.A.), per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2009-2011.
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 16 febbraio 2010 di Approvazione delle graduatorie dei progetti presentati nell'ambito del bando di gara per la selezione dei progetti di ricerca del settore elettrico.
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 2 agosto 2010, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto in pari data tra la medesima Direzione generale e l'ENEA, per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2009-2011.
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 6 agosto 2010 - *"Nuova ammissione al finanziamento a carico del fondo dei progetti MATEC, ECOFRESH, ISI-CPV, GERRIC-ISPAA"*.
- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, di intesa con l'Autorità per l'energia elettrica e il gas 16 settembre 2010 - *"Determinazione dell'ammontare del diritto di cui all'art. 10, comma 2, lett. b) del decreto del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di concerto con il Ministro del Tesoro, del Bilancio e della Programmazione Economica,*

dell'Economia 26 gennaio 2000 per l'utilizzo dei risultati delle attività di ricerca finanziata a valere sul Fondo per la ricerca di sistema elettrico".

- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 27 ottobre 2010 - *"Approvazione del Piano Operativo Annuale (POA) 2010 per la Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale".*
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 30 giugno 2011, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto in pari data tra la medesima Direzione generale e il CNR, per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2009-2011.
- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 22 luglio 2011 - *"Approvazione del Piano Operativo Annuale (POA) 2010 per la Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale".*
- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 9 novembre 2012 - *"Approvazione del Piano triennale della ricerca di sistema elettrico nazionale 2012-2014 e del Piano operativo annuale 2012".*
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 4 marzo 2013, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto in pari data tra la medesima Direzione generale e RSE S.p.A., per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2012-2014.
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 11 aprile 2013, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto in pari data tra la medesima Direzione generale e l'ENEA, per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2012-2014.
- Decreto del Direttore generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 22 aprile 2013, di approvazione dell'accordo di programma sottoscritto in pari data tra la medesima Direzione generale e il CNR, per lo svolgimento delle linee di attività di ricerca e sviluppo di interesse pubblico previste dal Piano Triennale 2012-2014.
- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 17 dicembre 2013 - *"Approvazione del Piano Operativo Annuale 2013 della ricerca di sistema elettrico nazionale".*
- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 13 marzo 2014 - *"Approvazione di modifiche all'allegato A del decreto 17 dicembre 2013, di approvazione del Piano operativo annuale 2013 della ricerca di sistema elettrico nazionale".*
- Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 11 dicembre 2014 - *"Approvazione del Piano operativo annuale 2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale".*

- Decreto del Direttore generale per il Mercato elettrico, le Rinnovabili e l'Efficienza energetica, il Nucleare del 23 settembre 2014 di esclusione del progetto BioHyTech delle graduatorie di cui al decreto ministeriale 16 febbraio 2010.
- Decreto del Direttore generale per il Mercato elettrico, le Rinnovabili e l'Efficienza energetica, il Nucleare del 24 settembre 2014 di revoca del contributo assegnato al progetto Piro4MiniPower in esito all'approvazione delle graduatorie di cui al decreto ministeriale 16 febbraio 2010.
- Decreto del Direttore generale per il Mercato elettrico, le Rinnovabili e l'Efficienza energetica, il Nucleare del 30 giugno 2014 di approvazione del Bando per progetti di ricerca previsti dal Piano operativo annuale 2013 della ricerca di sistema elettrico nazionale.

Appendice 3

Delibere dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas
in materia di ricerca di sistema elettrico

Delibere dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas in materia di ricerca di sistema elettrico

Delibere dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas:

- 204/99 - *"Regolazione della tariffa base, dei parametri e degli altri elementi di riferimento per la determinazione delle tariffe dei servizi di distribuzione e di vendita dell'energia elettrica ai clienti del mercato vincolato ai sensi dell'articolo 2, comma 12, lettera e), della legge 14 novembre 1995, n. 481".7*

- 53/00 - *"Disposizioni in materia di Cassa conguaglio per il settore elettrico".*
- 180/00 - *"Modifica e integrazione delle deliberazioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 29 dicembre 1999, n. 204/99, e 15 giugno 2000, n. 108/00".*
- 244/00 - *"Aggiornamento per il bimestre gennaio-febbraio 2001 di componenti e parametri della tariffa elettrica. Modificazioni e integrazioni della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 29 dicembre 1999, n. 204/99 e adeguamento del corrispettivo per l'accesso e l'uso della rete di trasmissione nazionale ai sensi dell'articolo 3, comma 11, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79".*

- 110/01 - *"Modifica della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 29 dicembre 1999, n. 204/99".*
- 158/01 - *"Modalità per la presentazione e criteri per la verifica dei progetti di ricerca della società CESI S.p.a., da ammettere a carico del Fondo, di cui all'articolo 11, comma 1, del decreto 26 gennaio 2000 del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato".*
- 228/01 - *"Testo integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas per l'erogazione dei servizi di trasporto, di misura e di vendita dell'energia elettrica".*

- 55/02 - *"Modificazione della Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 11 luglio 2001, n. 158/01 e approvazione del regolamento recante le modalità operative della gestione del fondo per il finanziamento dell'attività di ricerca".*

- 85/03 - *"Modifica della Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 11 luglio 2001, n. 158/01, per l'ammissione a carico del fondo di cui all'articolo 11, comma 1, del decreto 26 gennaio 2000 del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, dei progetti di ricerca svolti dalla società CESI S.p.A. e per l'erogazione di acconti a valere sul medesimo fondo".*
- 159/03 - *"Erogazione del conguaglio finale alla Società CESI S.p.a. per l'attività di ricerca svolta negli anni 2000, 2001, 2002 e 2003".*

- 5/04 - *"Testo integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas per l'erogazione dei servizi di trasmissione, distribuzione, misura e vendita dell'energia elettrica per il periodo di regolazione 2004-2007 e disposizioni in materia di contributi di allacciamento e diritti fissi"*.
 - 41/04 - *"Ammissione al finanziamento a carico del fondo di cui all'articolo 11, comma 1, del decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato 26 gennaio 2000, dei progetti di ricerca presentati dalla società CESI spa"*.
-
- 135/05 - *"Aggiornamento per il trimestre luglio - settembre 2005 di componenti e parametri della tariffa elettrica e del parametro Ct"*.
-
- 19/06 - *"Modificazioni alla Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 11 luglio 2001, n. 158/01, in materia di verifica dei progetti di ricerca nell'ambito della Ricerca di Sistema per il settore elettrico"*.
 - 48/06 - *"Rilascio di intesa al Ministro delle Attività Produttive in merito allo schema di decreto concernente nuove modalità di gestione del Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale, ai sensi dell'articolo 11, comma 2, del decreto del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato 26 gennaio 2000"*.
 - 151/06 - *"Erogazione del conguaglio finale alla società CESI S.p.A. relativo a 12 dei 13 progetti di ricerca approvati con la Delibera n. 41/04"*.
 - 214/06 - *"Erogazione del conguaglio finale alla società CESI S.p.A. relativo al progetto di ricerca NORME approvato con la Delibera n. 41/04"*.
 - 321/06 - *"Aggiornamento per il trimestre gennaio - marzo 2007 di componenti e parametri della tariffa elettrica. Modificazioni e integrazioni dell'Allegato A alla deliberazione 30 gennaio 2004, n. 5/04"*.
-
- 33/07 - *"Rilascio di intesa al Ministro dello Sviluppo Economico in merito allo schema di decreto riguardante l'Operatività del Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale"*.
 - 348/07 - *"Testo integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas per l'erogazione dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell'energia elettrica per il periodo di regolazione 2008-2011 e disposizioni in materia di condizioni economiche per l'erogazione del servizio di connessione"*.
-
- ARG/com 201/11 - *"Aggiornamento, per il trimestre 1 gennaio - 31 marzo 2012, delle componenti tariffarie destinate alla copertura degli oneri generali e di ulteriori componenti del settore elettrico e del settore gas e della tabella 1, di cui alla deliberazione ARG/elt 242/10. Modificazioni all'allegato A alla deliberazione ARG/elt 117/08"*.
-

- 405/2013/R/com - "Aggiornamento, dal 1 ottobre 2013, delle componenti tariffarie destinate alla copertura degli oneri generali e di ulteriori componenti del settore elettrico e del settore gas".

Delibere dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas nelle funzioni del Comitato di esperti di ricerca per il settore elettrico:

- 209/07 - "Attivazione delle funzioni del CERSE attribuite in via transitoria all'Autorità per l'energia elettrica e il gas con decreto del Ministro dello Sviluppo Economico n. 383 del 21 giugno 2007".
- 214/07 - "Formazione dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico di cui all'art. 11 del decreto del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006".
- 233/07 - "Nomina degli esperti per la valutazione dei piani annuali di realizzazione 2006 degli accordi di programma stipulati dal ministero dello sviluppo economico con ENEA, CNR e CESI Ricerca".
- 265/07 - "Supporto all'Autorità per l'energia elettrica e il gas per lo svolgimento delle funzioni attribuite in via transitoria, con decreto del Ministro dello Sviluppo Economico n. 383 del 21 giugno 2007, in materia di ricerca di sistema elettrico".
- 283/07 - "Nomina degli esperti per la verifica dei risultati conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2006 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e CESI Ricerca".
- 334/07 - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2006 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - CESI ricerca S.p.A. ed erogazione del relativo conguaglio finale a CESI ricerca S.p.A.".

- RDS 1/08 - "Nomina degli esperti per la valutazione del piano annuale di realizzazione 2007 dell'accordo di programma stipulato dal Ministero dello sviluppo economico con CESI ricerca S.p.A.".
- RDS 2/08 - "Nomina degli esperti per la verifica dei risultati conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2007 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e CESI ricerca".
- RDS 3/08 - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2007 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - CESI Ricerca S.p.A. ed erogazione del relativo conguaglio finale a CESI Ricerca S.p.a.".
- RDS 4/08 - "Approvazione dei criteri di cui all'art. 9, comma 1, lettera b), del decreto del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006, per la predisposizione dello schema di bando per la selezione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10, comma 2, lettera b), del decreto 26 gennaio 2000, previsti dal Piano Triennale della ricerca di sistema elettrico 2006-2008 e piano operativo annuale 2006".

- RDS 5/08 - "Nomina degli esperti per la valutazione del piano annuale di realizzazione 2008 dell'accordo di programma stipulato dal Ministero dello Sviluppo Economico con CESI Ricerca S.p.A."
 - RDS 6/08 - "Richiesta di parere ai soggetti di cui al decreto 8 marzo 2006, art. 2, comma 2, sul Piano Triennale della ricerca di sistema elettrico per il periodo 2009-2011 e avvio di ricognizione".
 - RDS 7/08 - "Nomina degli esperti per la verifica dello stato di avanzamento dei progetti del piano annuale di realizzazione 2008 dell'accordo di programma stipulato dal Ministero dello Sviluppo Economico con CESI Ricerca S.p.A."
 - RDS 8/08 - "Schema di bando di gara per la selezione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10, comma 2, lettera b), del decreto 26 gennaio 2000, previsti dal Piano Triennale della ricerca di sistema elettrico 2006-2008 e piano operativo annuale 2006".
 - RDS 9/08 - "Nomina degli esperti per la verifica dello stato di avanzamento e del conseguimento dei risultati finali dei progetti del piano annuale di realizzazione 2006 dell'accordo di programma stipulato dal Ministero dello Sviluppo Economico con l'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente (ENEA)".
 - RDS 10/08 - "Approvazione dello stato di avanzamento dei progetti del piano annuale di realizzazione 2008 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e CESI Ricerca S.p.A. ed erogazione della relativa quota di contribuzione a CESI Ricerca S.p.A."
-
- RDS 1/09 - "Approvazione dello stato di avanzamento dei progetti del piano annuale di realizzazione 2006 dell'accordo di programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente ed erogazione della relativa quota di contribuzione".
 - RDS 2/09 - "Criteri per l'aggiornamento dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico di cui all'art. 11 del decreto del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006 e avvio di una selezione di esperti per l'aggiornamento dell'elenco formato con Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 6 settembre 2007, n. 214/07".
 - RDS 3/09 - "Nomina degli esperti per la verifica dell'ammissibilità, pertinenza e congruità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2006 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Consiglio Nazionale delle Ricerche".
 - RDS 4/09 - "Nomina degli esperti per la verifica dell'ammissibilità, pertinenza e congruità delle spese documentate e del conseguimento dei risultati finali nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2008 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - CESI Ricerca S.p.A."

- RDS 5/09 - *"Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2006 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - CNR ed erogazione del relativo conguaglio finale al CNR".*
 - RDS 6/09 - *"Aggiornamento dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico di cui all'art. 11 del decreto del Ministro delle attività produttive 8 marzo 2006, formato con Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 214/07".*
 - RDS 7/09 - *"Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2008 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - ERSE S.p.A. (già CESI Ricerca S.p.A.) ed erogazione del relativo conguaglio finale a ERSE S.p.A.".*
 - RDS 8/09 - *"Designazione degli esperti per la valutazione dei piani annuali di realizzazione 2007 presentati dall'Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli accordi di programma stipulati con il Ministero dello Sviluppo Economico".*
 - RDS 9/09 - *"Ammissione alla valutazione di merito di progetti non esclusi nell'ambito della selezione di progetti di ricerca di sistema di cui al decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 12 dicembre 2008 e individuazione degli esperti cui affidare la valutazione stessa".*
 - RDS 10/09 - *"Individuazione degli esperti per la valutazione del piano annuale di realizzazione 2009 dell'accordo di programma stipulato tra Ministero dello Sviluppo Economico e ERSE S.p.A. (già CESI Ricerca S.p.A.)".*
 - RDS 11/09 - *"Trasmissione al Ministero dello Sviluppo Economico delle graduatorie dei progetti presentati nell'ambito del bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema di cui ai decreti dello stesso Ministero 12 dicembre 2008 e 4 maggio 2009".*
-
- RDS 1/10 - *"Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2006 dell'accordo di programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (già Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) ed erogazione del contributo residuo".*
 - RDS 2/10 - *"Individuazione degli esperti per la verifica dell'ammissibilità, pertinenza e congruità delle spese documentate e del conseguimento dei risultati finali nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2009 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - ERSE S.p.A.".*
 - RDS 3/10 - *"Rilascio di intesa al Ministro dello Sviluppo Economico in merito allo schema di decreto di cui all'articolo 10, comma 2, lettera b), del decreto ministeriale 26 gennaio 2000".*
 - RDS 4/10 - *"Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2009 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - ERSE S.p.A. ed erogazione del relativo conguaglio finale".*

- RDS 5/10 - *"Individuazione degli esperti per la verifica dell'ammissibilità, pertinenza e congruità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2007 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Consiglio Nazionale delle Ricerche"*.
 - RDS 6/10 - *"Attività istruttoria supplementare sui progetti MATEC, ECOFRESH, ISI-CPV e GERRIC-ISPA, ammessi con riserva nelle graduatorie approvate con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010"*.
 - RDS 7/10 - *"Proposta di Piano operativo annuale 2010 del Piano Triennale della ricerca di sistema elettrico 2009-2011"*.
 - RDS 8/10 - *"Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2007 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Consiglio Nazionale delle Ricerche ed erogazione del conguaglio finale"*.
 - RDS 9/10 - *"Individuazione degli esperti per la valutazione del Piano annuale di realizzazione 2008 dell'accordo di programma triennale tra Ministero dello Sviluppo Economico e Consiglio Nazionale delle Ricerche"*.
 - RDS 10/10 - *"Individuazione degli esperti per la verifica dell'ammissibilità, pertinenza e congruità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2007 e per la valutazione del piano annuale di realizzazione 2008/09 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA"*.
 - RDS 11/10 - *"Individuazione degli esperti per la predisposizione del capitolato tecnico e per la valutazione in itinere e finale dei progetti di ricerca presentati ai sensi del bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema, approvato con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 12 dicembre 2008, e ammessi alle graduatorie con decreto del medesimo Ministero del 16 febbraio 2010"*.
 - RDS 12/10 - *"Individuazione degli esperti per la valutazione ai fini dell'ammissione al finanziamento del piano annuale di realizzazione 2010 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e RSE S.p.A. (già ERSE S.p.A.) e per la verifica dell'ammissibilità, pertinenza e congruità delle spese documentate e del conseguimento dei risultati finali nell'ambito dei progetti del medesimo Piano"*.
 - RDS 13/10 - *"Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2007 dell'accordo di programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) ed erogazione del contributo residuo"*.
-
- RDS 1/11 - *"Approvazione dei criteri di cui all'art. 9, comma 1, lettera b), del decreto del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006, per la predisposizione dello schema di bando per la selezione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10, comma 2, lettera b), del decreto 26 gennaio 2000 previsti dal Piano Triennale per la ricerca nell'ambito del sistema elettrico nazionale 2009-2011 e dal Piano operativo annuale 2010 per la ricerca di sistema elettrico nazionale"*.

- RDS 2/11 - "*Individuazione degli esperti per la valutazione del piano annuale di realizzazione 2010 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Agenzia nazionale per le nuove tecnologie e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)*".
- RDS 3/11 - "*Proposta di Piano operativo annuale 2011 del Piano Triennale della ricerca di sistema elettrico 2009-2011*".
- RDS 4/11 - "*Approvazione delle proposte di modifica presentate dagli assegnatari dei progetti SIRRCE, DEVELTAR, ENERGAVI e SMARTGEN, ai sensi dell'art. 11, comma 4, del Bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema, approvato con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 12 dicembre 2008*".
- RDS 5/11 - "*Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2010 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - RSE S.p.A. ed erogazione del relativo conguaglio finale*".
- RDS 6/11 - "*Rideterminazione del costo ammissibile delle attività relative ai progetti del piano annuale di realizzazione 2007 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Consiglio Nazionale delle Ricerche e conseguente rettifica della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 31 agosto 2010, RDS 8/10*".
- RDS 7/11 - "*Individuazione degli esperti per la valutazione ai fini dell'ammissione al finanziamento del piano annuale di realizzazione 2011 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e RSE S.p.A. (già ERSE S.p.A.)*".
- RDS 8/11 - "*Individuazione degli esperti per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2008 e per la valutazione ai fini dell'ammissione al finanziamento del piano di realizzazione 2009/10 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e CNR*".
- RDS 9/11 - "*Individuazione degli esperti per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano di realizzazione 2008/09 e per la valutazione ai fini dell'ammissione al finanziamento del piano di realizzazione 2011 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA*".
- RDS 10/11 - "*Individuazione degli esperti per la verifica dello stato di avanzamento dei progetti del piano annuale di realizzazione 2011 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e RSE S.p.A. e per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate, ai fini dell'erogazione della relativa quota di contribuzione*".
- RDS 11/11 - "*Approvazione delle proposte di modifica presentate dagli assegnatari dei progetti ISI-CPV, MATEC, SDG e BioHyTech, ai sensi dell'art. 11, comma 4, del Bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema, approvato con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 12 dicembre 2008*".
- RDS 12/11 - "*Approvazione del consuntivo delle attività del piano di realizzazione 2008/09 dell'accordo di programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico e*

l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) ed erogazione del contributo residuo".

- *RDS 13/11 - "Nuovi criteri per l'aggiornamento dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico, di cui all'art. 11 del decreto del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006 e avvio di una selezione di esperti, ai fini dell'aggiornamento dell'elenco".*

-
- *1/2012/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2008 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Consiglio Nazionale delle Ricerche ed erogazione del conguaglio finale".*

- *40/2012/rds - "Richiesta di parere ai soggetti, di cui al decreto 8 marzo 2006, art. 2, comma 1, sul Piano Triennale della ricerca di sistema elettrico per il periodo 2012-2014".*

- *52/2012/rds - "Individuazione degli esperti per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2010 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)".*

- *53/2012/rds - "Verifica dello stato di avanzamento e della pertinenza, congruità e ammissibilità delle spese documentate del progetto "Sistemi e Dispositivi per la tele Misura e la tele attuazione per l'applicazione di tecniche di "Demand Side Management" alle piccole utenze" (SDMxDSM) ed erogazione della relativa quota di contribuzione".*

- *94/2012/rds - "Approvazione delle verifiche sullo stato di avanzamento dei progetti di ricerca del piano annuale di realizzazione 2011, dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e RSE S.p.A. ed erogazione della relativa quota di contribuzione".*

- *201/2012/rds - "Individuazione degli esperti per la verifica del conseguimento dei risultati finali dei progetti del piano annuale di realizzazione 2011 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e RSE S.p.A. e per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate, ai fini dell'erogazione della quota di contribuzione finale".*

- *262/2012/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2010 dell'accordo di programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) ed erogazione del contributo finale".*

- *276/2012/rds - "Approvazione dello schema di Piano Triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale".*

- *303/2012/rds - "Aggiornamento dell'elenco degli esperti per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema del settore elettrico".*

- 304/2012/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2011 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - RSE S.p.A. ed erogazione del relativo conguaglio finale" .
 - 356/2012/rds - "Individuazione degli esperti per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano di realizzazione 2009-2010 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Consiglio Nazionale delle Ricerche" .
 - 426/2012/rds - "Approvazione delle proposte di modifica presentate dagli assegnatari del progetto INTEGRIT, ai sensi dell'art. 11, comma 4, del Bando di gara per la selezione di progetti di ricerca di sistema, approvato con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 12 dicembre 2008" .
 - 427/2012/rds - "Individuazione degli esperti per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2011 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) " .
 - 469/2012/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano di realizzazione 2009-2010 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e CNR ed erogazione del conguaglio finale" .
 - 524/2012/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2011 dell'accordo di programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) ed erogazione del contributo finale" .
 - 566/2012/rds - "Individuazione di un esperto da incaricare per le attività di valutazione in itinere e di verifica finale del progetto SCHEMA, selezionato ai sensi del bando del Ministero dello Sviluppo Economico del 12 dicembre 2008 e ammesso al finanziamento con decreto del medesimo Ministero del 16 febbraio 2010" .
-
- 19/2013/rds - "Proposta al Ministero dello Sviluppo Economico per l'adozione di modalità di rendicontazione e di criteri per la determinazione delle spese ammissibili per le attività di ricerca svolte nell'ambito degli Accordi di Programma, ai fini dell'attuazione del Piano Triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale" .
 - 100/2013/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del progetto "Sistemi e Dispositivi per la tele Misura e la tele attuazione per l'applicazione di tecniche di "Demand Side Management" alle piccole utenze" (SDMxDSM) ed erogazione della quota di contribuzione a saldo" .
 - 131/2013/rds - "Verifica dello stato di avanzamento al 30 giugno 2012 e della pertinenza e congruità delle spese documentate del progetto "Archivio telematico per il riferimento nazionale di reti di distribuzione elettrica: modelli e simulazioni di

scenari evolutivi per i nuovi profili di generazione e carico" (ATLANTIDE) ed erogazione della relativa quota di contribuzione".

- 132/2013/rds - "Verifica dello stato di avanzamento al 30 giugno 2012 e della pertinenza e congruità delle spese documentate del progetto "Sistema per la razionalizzazione energetica residenziale con integrazione del condizionamento estivo" (SIRRCE) ed erogazione della relativa quota di contribuzione".
 - 175/2013/rds - "Approvazione dei criteri di cui all'art. 9, comma 1, lettera b), del decreto del Ministro delle Attività Produttive 8 marzo 2006, per la predisposizione dello schema di bando per la selezione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10, comma 2, lettera b), del decreto 26 gennaio 2000 previsto dal Piano Triennale per la ricerca nell'ambito del sistema elettrico nazionale 2012-2014".
 - 220/2013/rds - "Individuazione degli esperti per la valutazione dei piani annuali di realizzazione 2011 e 2012 del Cnr e dei piani annuali di realizzazione 2012 di Enea e Rse S.p.A., svolti nell'ambito degli accordi di programma con il Ministero dello Sviluppo Economico".
 - 351/2012/rds - "Proposta di Piano Operativo Annuale 2013 della ricerca di sistema elettrico nell'ambito del Piano Triennale 2012-2014 approvato con decreto del Ministro dello Sviluppo Economico del 9 novembre 2012".
 - 390/2013/rds - "Individuazione degli esperti per la verifica del conseguimento dei risultati finali dei progetti del piano annuale di realizzazione 2012 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e RSE S.p.A. e per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate, ai fini dell'erogazione della quota di contribuzione finale".
 - 443/2013/rds - "Individuazione degli esperti per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2012 dell'accordo di programma Mse-Enea".
 - 468/2013/rds - "Schema di bando di gara per la selezione di progetti di ricerca previsti dal Piano triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale.".
 - 526/2013/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2012 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - RSE S.p.A. ed erogazione del relativo conguaglio finale".
 - 576/2013/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2012 dell'accordo di programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (Enea) ed erogazione del contributo finale".
-
- 10/2014/rds - "Verifica dello stato di avanzamento del progetto "Apparato estensibile con funzioni integrate di automazione, monitoraggio, interruzione e protezione per reti elettriche in media tensione" (AIIP) ed erogazione della seconda quota di contribuzione".

- 11/2014/rds - *"Estensione della durata del progetto S_grid, ammesso al finanziamento con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010"* .
- 34/2014/rds - *"Proposta di esclusione del progetto BioHyTech dalle graduatorie approvate con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 16 febbraio 2010"* .
- 35/2014/rds - *"Verifica dello stato di avanzamento al 30 giugno 2012 e della pertinenza e congruità delle spese documentate del progetto "Studio, sviluppo e validazione di metodi e strumenti innovativi per la gestione di reti di distribuzione attive con generazione da fonte rinnovabile" (Smartgen), erogazione della relativa quota di contribuzione e estensione della durata del progetto"* .
- 81/2014/rds - *"Rapporto sullo stato della ricerca di interesse generale per il sistema elettrico nazionale 2011."* .
- 94/2014/rds - *"Verifica dello stato di avanzamento al 30 giugno 2013 e della pertinenza e congruità delle spese documentate del progetto "Archivio telematico per il riferimento nazionale di reti di distribuzione elettrica: modelli e simulazioni di scenari evolutivi per i nuovi profili di generazione e carico" (Atlantide) ed erogazione della relativa quota di contribuzione"* .
- 130/2014/rds - *"Approvazione dei criteri per la predisposizione dello schema di bando di gara per la selezione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10, comma 2, lettera a), del decreto 26 gennaio 2000, previsto dal Piano Operativo Annuale 2013 della ricerca di sistema elettrico nazionale"* .
- 157/2014/rds - *"Estensione della durata del progetto "Utilizzo sinergico di corona pulsata e microonde per migliorare il rendimento di conversione in energia elettrica da pirogassificazione (Develtar), ammesso al finanziamento con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010"* .
- 158/2014/rds - *"Verifica dello stato di avanzamento del progetto "Sidera Trigenerazione ad Alto Rendimento" (Star) ed erogazione della relativa quota di contribuzione"* .
- 198/2014/rds - *"Estensione della durata e sostituzione del capofila del progetto "Nuovi materiali e nuove tecnologie per un cogeneratore prototipo a combustione interna" (MATEC), ammesso al finanziamento con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010"* .
- 229/2014/rds - *"Individuazione degli esperti per la valutazione, ai fini dell'ammissione al finanziamento, del piano annuale di realizzazione 2013 dell'accordo di programma tra Ministero dello sviluppo economico e Agenzia nazionale per le nuove tecnologie e lo sviluppo economico sostenibile (Enea)"* .
- 230/2014/rds - *"Individuazione degli esperti per la valutazione, ai fini dell'ammissione al finanziamento, del piano annuale di realizzazione 2013 dell'accordo di programma tra Ministero dello sviluppo economico e Rse S.p.a."* .
- 243/2014/rds - *"Proposta di revoca del contributo concesso per il progetto "Produzione distribuita di energia elettrica e calore da pirolisi di matrici organiche"*

residuali" (Piro4MiniPower), approvato con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 16 febbraio 2010".

- 327/2014/rds - "Sostituzione del capofila e ulteriori varianti del progetto "Progettazione e sperimentazione su larga scala di un sistema decentralizzato per la gestione negoziata tra distributore e clienti domestici dell'energia elettrica smart domo grid" (sdg), ammesso al finanziamento con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010".
- 365/2014/rds - "Individuazione degli esperti per la verifica del conseguimento dei risultati finali dei progetti del piano annuale di realizzazione 2013 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Rse S.p.a. e per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate, ai fini dell'erogazione della quota di contribuzione finale".
- 382/2014/rds - "Estensione della durata del progetto "Contributo delle masse estranee estese alla rete di terra globale" (METERGLOB), ammesso al finanziamento con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010".
- 383/2014/rds - "Approvazione dello stato di avanzamento, della modifica della compagine e dell'estensione della durata del progetto "Sviluppo di un sistema innovativo di produzione di energia elettrica alimentato da rifiuti degli allevamenti avicoli" (ENERGAVI), ammesso al finanziamento con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010".
- 473/2014/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del progetto "Microrete in isola per distribuzione di energia elettrica, dotata di PMS per controllo di generatori FER, di carichi ed interscambio con rete pubblica" (S_GRID) ed erogazione della quota di contribuzione a saldo".
- 474/2014/rds - "Rimodulazione dei costi e delle attività ed estensione della durata del progetto "Criteri innovativi per la gestione della rete MT - Esercizio della rete MT in schema magliato (SCHEMA), ammesso al finanziamento con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010".
- 475/2014/rds - "Approvazione del consuntivo delle attività del progetto "Apparato estensibile con funzioni Integrate di automazione, monitoraggio, Interruzione e Protezione per reti elettriche in media tensione" (AIIP) ed erogazione della quota di contribuzione a saldo".
- 493/2014/rds - "Individuazione degli esperti per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate e dei risultati finali conseguiti nell'ambito dei progetti del piano annuale di realizzazione 2013 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Agenzia nazionale per le nuove tecnologie e lo sviluppo economico sostenibile (Enea) " .
- 494/2014/rds - "Approvazione dell'estensione della durata del progetto "Sviluppo di un sistema innovativo di produzione di energia elettrica alimentato da rifiuti degli allevamenti avicoli" (Energavi), ammesso al finanziamento con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 16 febbraio 2010".

- 495/2014/rds - *"Proposta di piano operativo annuale 2014 della ricerca di sistema elettrico nell'ambito del piano triennale 2012-2014, approvato con decreto del Ministro dello Sviluppo Economico del 9 novembre 2012"* .
- 517/2014/rds - *"Approvazione del consuntivo delle attività del piano annuale di realizzazione 2013 dell'accordo di programma Ministero dello Sviluppo Economico - Rse S.p.a. ed erogazione del relativo conguaglio finale"* .
- 548/2014/rds - *"Approvazione del consuntivo delle attività del progetto "Archivio telematico per il riferimento nazionale di reti di distribuzione elettrica: modelli e simulazioni di scenari evolutivi per i nuovi profili di generazione e carico" (Atlantide) ed erogazione della quota di contribuzione a saldo"* .
- 572/2014/rds - *"Individuazione degli esperti per la verifica del conseguimento dei risultati finali dei progetti del piano di realizzazione 2011-2012 dell'accordo di programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e Consiglio Nazionale delle Ricerche e per la verifica della congruità, pertinenza e ammissibilità delle spese documentate, ai fini dell'erogazione della quota di contribuzione finale"* .
- 585/2014/rds - *"Approvazione del consuntivo delle attività del progetto "Sistema per la razionalizzazione energetica residenziale con integrazione del condizionamento estivo" (SIRRCE) ed erogazione della quota di contribuzione a saldo"* .