

## **ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI DI CO<sub>2</sub> TRAMITE RICERCA, SVILUPPO E PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI**

**Francesco Matteucci, Luigi Milella**

*TRE - Tozzi Renewable Energy, Via Zuccherificio 10 - 48010 Mezzano (Ravenna)*

### **1. PREMESSA**

Ai fini dello sviluppo sostenibile, l'energia rappresenta al tempo stesso il problema e la soluzione. Essa rende infatti possibile la crescita di un Paese, ma è anche una delle principali cause di inquinamento atmosferico e di altri danni che vengono arrecati alla salute dell'uomo e all'ambiente. D'altro canto però le cause dell'innalzamento di gas serra nell'atmosfera, che è una delle cause dei cambiamenti climatici, sono da attribuirsi (IPCC, 2006) per circa il 90% al fattore antropico. In questo panorama, una delle soluzioni al problema delle emissioni di gas clima-alteranti, unita al mantenimento degli standard di vita elevati è il ricorso alla produzione di energia da fonte rinnovabile e lo sviluppo e/o miglioramento della tecnologie atte a questo scopo. Obiettivo di questa pubblicazione è quello di presentare i diversi progetti della Tozzi Renewable Energy (TRE) che opera nel settore delle energie rinnovabili da oltre 15 anni tramite la creazione di impianti di produzione di energia da fonte rinnovabile. Inoltre, a partire dal 2006 TRE investe parte dei proventi in ricerca e sviluppo nel settore delle tecnologie per la produzione di energia da fonte rinnovabile.

### **2. INTRODUZIONE**

Il mantenimento degli alti livelli di qualità della vita nei paesi maggiormente industrializzati ha portato, grazie al crescente consenso della popolazione, al ricorso ad un massiccio impiego di tecnologie per la produzione di energia da fonte rinnovabile. In particolare, vengono definite come fonti energetiche rinnovabili quelle fonti che il pianeta fornisce senza alterare i bilanci energetici e senza diminuirne le risorse (Sorensen, 1979). Ad oggi, però, le risorse energetiche impiegate derivano per circa l'80% da combustibili fossili (petrolio, carbone, gas naturale) e per il resto da una quota più o meno paritaria di energia nucleare, idraulica, eolica e delle rinnovabili in genere e dalle colture agro energetiche (*i.e.* biomasse). Come noto, la produzione di energia tramite il ricorso a fonti fossili richiede un processo di combustione. Tale processo implica l'emissione di diversi composti tra cui i principali gas clima-alteranti. In

particolare, dalla combustione di fonti fossili per usi energetici deriva circa il 90% delle emissioni di CO<sub>2</sub> e circa il 75% del totale delle emissioni di tutti i gas clima-alternati. Oltre a quanto sopra, se da un lato è certo che i combustibili fossili non sono la soluzione definitiva né al problema ambientale - climatico né a quello della produzione di energia, è però difficile stabilire con esattezza, o quanto meno con ragionevole precisione, la tempistica di esaurimento di tali fonti e quindi l'obbligatorio ricorso alle fonti rinnovabili. Ogni anno, infatti, di pari passo alla crescita dei consumi di combustibili fossili, cresce anche la quantità di giacimenti fossili trovati e/o le risorse stimate. La motivazione di tale dicotomia è spiegata sia dal miglioramento delle tecnologie di prospezione geologica e di estrazione del greggio, che dall'aumento del prezzo del greggio. Tale aumento, pertanto, rende economicamente conveniente l'estrazione di petrolio e/o gas da siti dove fino a poco tempo prima non lo era, determinando l'aumento delle risorse stimate. In questo panorama, il primo importante provvedimento internazionale atto a salvaguardare l'ambiente dalle emissioni di gas clima-alterante è stato il protocollo di Kyoto. Tale protocollo, infatti, obbliga i paesi che lo hanno ratificato a diminuire le emissioni di sei gas ad effetto serra: biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>); metano (CH<sub>4</sub>); protossido di azoto (N<sub>2</sub>O); idrofluorocarburi (HFC); perfluorocarburi (PFC); esafluoro di zolfo (SF<sub>6</sub>). In dettaglio, gli stati che vi hanno aderito si sono impegnati a ridurre le loro emissioni di gas ad effetto serra di almeno il 6,5% rispetto ai livelli del 1990 nel periodo 2008-2012. Recentemente, l'Unione Europea ha varato una serie di provvedimenti che fissano in modo vincolante il percorso che si intende intraprendere, da qui al 2020, per contrastare gli effetti sul clima dell'attuale livello di consumo energetico. I provvedimenti prevedono che almeno il 20% dell'energia primaria dovrà essere prodotta con fonti rinnovabili, le emissioni in atmosfera dovranno essere ridotte di un altro 20% e ancora un 20% è il risparmio di energia che si intende ottenere soprattutto attraverso un ampio recupero di efficienza energetica. Come nel caso dei paesi che hanno aderito al protocollo di Kyoto, anche per gli stati membri del-



## CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

Produzione lorda da fonte Rinnovabile 2006 (tWh)					
	Idrica	Eolica	*Altre rinnovabili	totale	PR/CIL (%)
Austria	34,8	1,8	2,4	39,0	55,4
Belgio	0,8	0,4	2,1	3,3	3,5
Danimarca	0,0	6,1	4,0	10,1	25,5
Finlandia	11,3	0,2	9,6	21,1	22,5
Francia	58,5	2,2	5,1	65,8	12,9
Germania	20,5	30,5	16,6	67,6	10,9
Grecia	5,6	1,7	0,1	7,5	11,7
Irlanda	0,6	1,6	0,1	2,3	7,8
Italia	36,9	3,0	12,4	52,3	14,6
Lussemburgo	0,4	0,1	0,1	0,6	6,5
Paesi Bassi	0,1	2,8	6,7	9,6	8,0
Portogallo	10,8	5,5	2,0	18,3	32,5
Regno Unito	5,1	2,2	9,6	16,9	4,1
Spagna	23,4	22,8	3,1	49,3	16,5
Svezia	62,3	1,0	8,3	71,6	47,6
UE 15	271,3	81,8	82,2	435,2	14,9

\* Biomasse ,Geotermica,Fotovoltaica ,altre.

Tabella 1 - (Stime GSE su dati Enerdata, Eurostat)

	2002	2004	2006
Idroelettrico - produzione (gWh)	39519	42744	36997
Eolico - produzione (gWh)	1404	1874	2971
Altre* - produzione (gWh)	8104	11074	12304
Idroelettrico - potenza efficiente lorda (MW)	16820	17055	17412
Eolico - potenza efficiente lorda (MW)	780	1131	1908

Tabella 2 - Produzione e della potenza degli impianti da fonte rinnovabile (fonte ENEL, GRTN, solare da stime ENEA)

<b>Emissioni</b>	2002	2004	2006
CO <sub>2</sub> in atmosfera (10 <sup>3</sup> *Ton)	75400	63374	51590
CO <sub>2</sub> evitate (10 <sup>3</sup> *Ton)	17876	18364	16813
Specifiche in atmosfera (produzione termoelettrica)			
Termoelettrico netto g/kWh	720	690	699
Totale netto g/kWh	550	504	496

Tabella 3 - Emissioni in atmosfera (fonte ENEL, rapporto ambientale 2006)

<b>Luogo (Provincia)</b>	<b>Potenza nominale installata (Mw)</b>	<b>Stima energia prodotta (Gwh)</b>
ALTO MALLERO (SO)	4,5	14,6
FORASCETTO (SO)	0,4	2,1
SCERSCEN (SO)	5,5	16
ENTOVASCO (SO)	1,6	4
BISOLO (SO)	10,0	22
LAURIA (PZ)	3,0	10
FIUMICELLO (PZ)	1,5	5
BOCCO (SO)	2,3	8

Tabella 4 - Elenco delle centrali mini-idroelettriche realizzate e di proprietà di Tozzi Renewable Energy (TRE)



l'Unione Europea tali misure incideranno notevolmente sul modo di produrre e consumare energia e costituiranno per diversi paesi dell'Unione, Italia compresa, una grande sfida per la competitività della propria economia (ENEA, 2006).

Ad oggi lo stato della UE15 è quello rappresentato nella tabella 1, con evidenza al rapporto tra la Produzione Rinnovabile (PR) e il Consumo Interno Lordo (CIL):

In particolare, la realtà italiana della produzione e della potenza degli impianti da fonte rinnovabile, segue il trend rappresentato nella tabella 2. Per poter apprezzare il valore ambientale della produzione di energia da fonti rinnovabili, è utile riferire alla realtà italiana la mancata emissione di gas clima-alteranti. Circa il 99% delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> del Gruppo Enel è dovuta alla combustione negli impianti termoelettrici. Per poter quantificare le emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte dalla combustione dei combustibili fossili sino al 2004 compreso, si sono applicati i fattori di emissione raccomandati dall'IPCC (International Panel on Climate Change), con coefficiente correttivo che teneva conto della frazione tipica di carbonio incombusto, mentre successivamente si sono applicati i criteri seguenti alla direttiva 2003/87/CE (ENEL). Con riferimento alla produzione di energia elettrica, altrettanto significative sono le emissioni specifiche in atmosfera riportate in tabella 3, il cui valore indicato in tabella come totale netto esprime la quantità delle sostanze tipiche e significative emesse in atmosfera per ogni kWh netto di energia elettrica prodotta, sia da fonti tradizionali – fossili che da fonti rinnovabili.

In questo contesto si inserisce l'attività della TRE che progetta e realizza impianti di produzione di energia da fonte rinnovabile (idroelettrico, eolico, fotovoltaico e biomasse) e effettua ricerche nel settore dello sviluppo di tecnologie in tale ambito (tur-

bine eoliche, celle fotovoltaiche, tecnologie per la produzione e l'impiego di idrogeno).

### 3. CENTRALI MINI-IDROELETTRICHE

Fino al 1700, la principale fonte di energia era costituita dalla forza muscolare, animale ed umana, e dall'energia idrica. L'inizio della rivoluzione industriale ha segnato l'affermazione dell'uso delle fonti di energia di origine fossile: in particolare, prima il carbone fossile per l'azionamento delle macchine a vapore e poi il petrolio per il funzionamento del motore a combustione interna hanno rappresentato i combustibili dell'evoluzione della attuale società. In questo sviluppo, però, anche la produzione di energia tramite il ricorso al ciclo idrico ha rappresentato un importante fattore; infatti, ad oggi, oltre il 20% della produzione mondiale di energia elettrica deriva da centrali idroelettriche (potenza installata di circa 750.000 MW). La TRE nel corso dei suoi 15 anni di attività ha sviluppato il know-how necessario a progettare, sviluppare, ottenere le autorizzazioni necessarie e, infine, mettere in esercizio 9 centrali mini-idroelettriche (con potenza inferiore a 10 MW, vedi figura 1).

Come si può notare dalla tabella 4 la produzione annua di GWh di tali centrali è superiore a 80 GWh. L'attività di TRE nella realizzazione di centrali mini-idroelettriche prosegue e, al conseguimento, di nuove autorizzazioni iniziano i lavori che, generalmente, entro 16 mesi dall'avvio dei lavori consentono di mettere in esercizio un nuovo impianto.

### 4. SOLARE FOTOVOLTAICO

I pannelli fotovoltaici convertono l'energia solare direttamente in energia elettrica primaria e possono essere distribuiti sul territorio in modo capillare per rispondere all'aumento di domanda, da pochi watt a decine di megawatt. Spinta dalle prime crisi petroli-

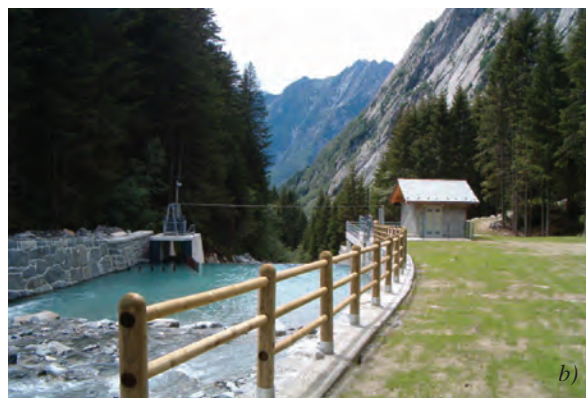


Figura 1 - Immagine della centrale mini-idroelettrica del Bisolo (a) e della relativa opera di presa (b)

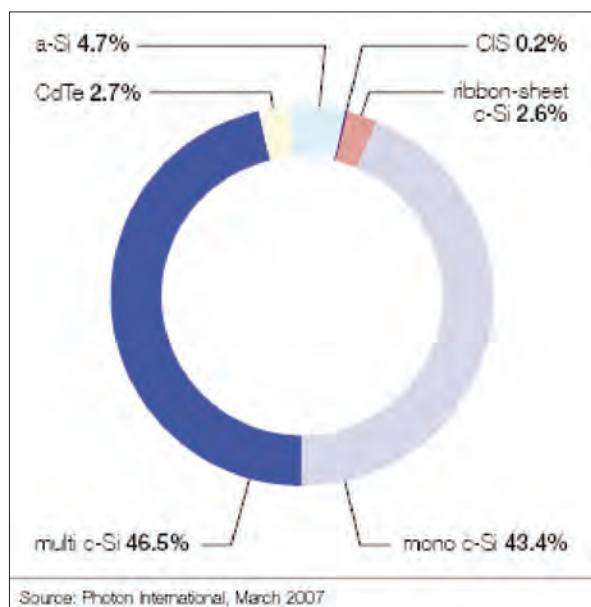


Figura 2 – Diverse tecnologie di pannelli solari fotovoltaici ad oggi commercializzati e relative quote di mercato

tere e dalle politiche ambientali, negli ultimi quindici anni, la tecnologia del fotovoltaico è cresciuta globalmente di oltre il 30% (con un'impennata negli ultimi cinque anni); a titolo di esempio la produzione di pannelli nel 2007 è stata di circa 3000 Mwp,

mentre per il 2008 è stimata intorno ai 4000 Mwp (De Lillo, 2006). Come si può notare dalla figura 2, oltre alla tecnologia del silicio monocristallino (mono c-Si e ribbon sheet), a quella del silicio policristallino (multi c-Si) e a quella del silicio amorfo (a-Si) le altre tecnologie del mercato sono basate su altri materiali semiconduttori il cui costo di produzione e/o reperibilità ne limita l'uso rispetto alle tecnologie basate sul silicio.

La TRE ha messo in esercizio da luglio 2006 a Mezzano (Ravenna) un impianto fotovoltaico costituito da 242 moduli tipo Sanyo HIP-205 NHE1 (pannelli in silicio monocristallino amovibili e semi-integrati nella copertura dell'edificio) per una potenza nominale installata di 49,61 kWp. Tale impianto ha prodotto nel 2007 circa 65 MWh. Inoltre, nel mese di febbraio 2008 è stato messo in esercizio l'impianto fotovoltaico nei pressi dello stabilimento della Tozzi Apparecchiature Elettriche di Foggia (vedi figura 3) che ha potenza nominale di 650 kW. In particolare, onde testare l'efficacia della tecnologia di inseguimento, l'impianto di Foggia è costituito da circa 450 kW di pannelli in silicio monocristallino amovibili e per circa 200 kW da pannelli al silicio monocristallino installati su inseguitori solari biassiali.



Figura 3 – Immagine dell'impianto fotovoltaico installato presso lo stabilimento della Tozzi Apparecchiature Elettriche a Foggia



## 5. PARCHI EOLICI

L'energia eolica ha ormai raggiunto un livello di sviluppo tale da garantire costi confrontabili con le tecnologie termoelettriche tradizionali e, pertanto, si candida per i prossimi 10-15 anni come l'unica alternativa concreta, oltre al risparmio energetico, alla fonte idroelettrica, per il raggiungimento degli impegni di Kyoto. Senza eolico l'apporto delle fonti rinnovabili diventerebbe, in questo intervallo di tempo, quasi trascurabile. La realizzazione di parchi eolici richiede una complessa miscela di competenze tecniche (sia di ingegneria ambientale che meccanica ed elettrica) affiancate da una completa conoscenza dell'iter burocratico da seguire per il rilascio delle autorizzazioni necessarie alla messa in esercizio dell'impianto. Ad oggi, TRE, con i 41.4 MW (vedi figura 4) installati nel 2007 e con i circa 130 MW che terminerà di installare nel 2008 si pone come una società capace di seguire dalla fase di progettazione a quella di messa in esercizio la complessa messa in marcia di un parco eolico. Inoltre, a fianco di tale attività di progettazione/realizzazione di impianti eolici on-shore TRE continua a svolgere attività di valutazione della risorsa eolica in territorio italiano (conta oltre 80 torri anemometriche installate) e di studio/progettazione di impianti

eolici offshore nel mare Mediterraneo. Come anche nel settore idroelettrico e fotovoltaico, nello sviluppo dei parchi eolici la TRE può avvalersi delle competenze elettriche sia in campo on- che off-shore sviluppate dalla Tozzi Sud, società partecipata della Tozzi Holding. Tale sinergia tra le diverse società partecipate della Tozzi Holding consente alla Tozzi Holding di realizzare impianti di energia rinnovabile sia come progettista che come EPC contractor.

## 6. RICERCA E SVILUPPO

In un'ottica di diminuzione della quantità di CO<sub>2</sub> immessa nell'atmosfera, di risparmio energetico e di sensibilità per le questioni ambientali da parte delle autorità, ci si sta orientando verso le opportunità di generare energia elettrica anche nelle aree urbane e suburbane. L'obiettivo dei progetti di ricerca condotti dalla TRE è quello di realizzare nei prossimi 5 anni un "sistema" prototipale" per l'autoproduzione di energia elettrica nelle abitazioni e nelle piccole imprese (utenze con potenze installate nell'intervallo dei 3-20 kW). Infatti, come mostrato in figura 5, la TRE mira a produrre turbine eoliche e pannelli fotovoltaici in grado di produrre energia elettrica dalla radiazione solare e dal vento e impiegarla anche nella produzione di H<sub>2</sub> (elettrolizzatori da 5 kW). Il vettore



Figura 4 – Immagine del Parco eolico di Troia Monte Calvello

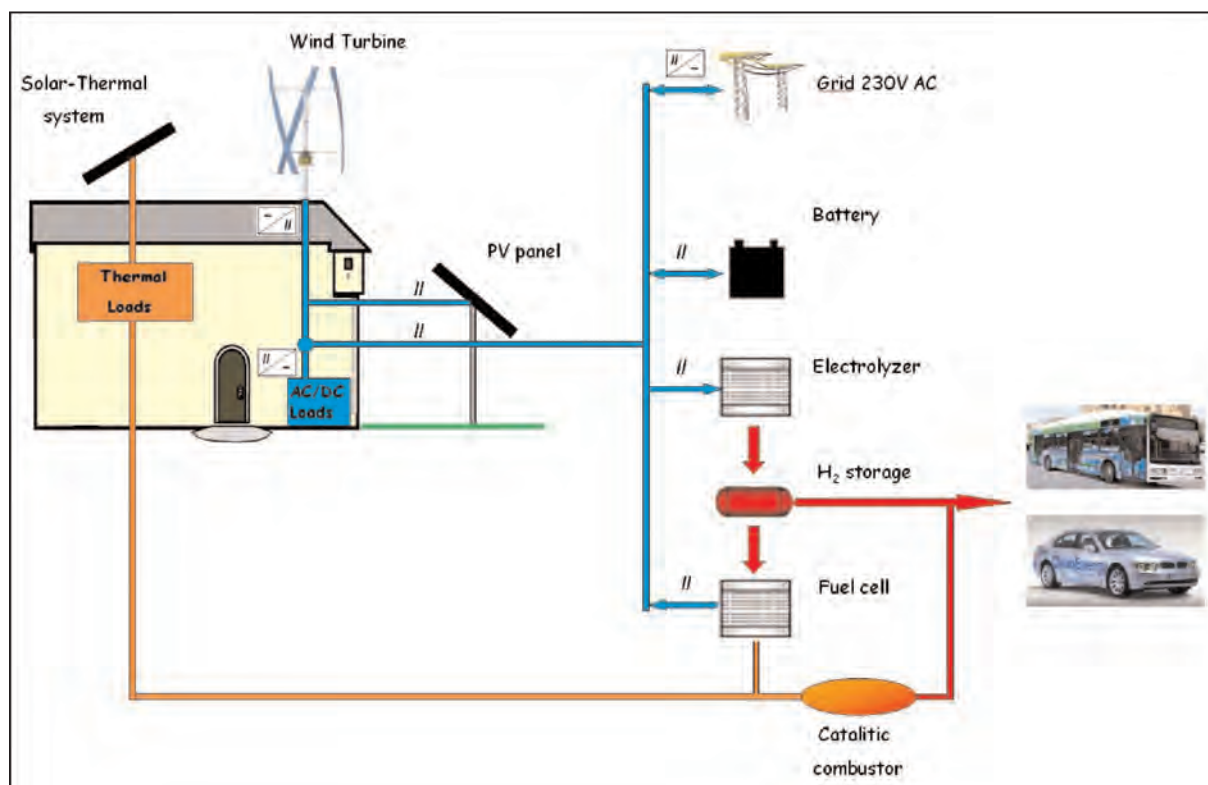


Figura 5 - Schema dell'impianto di autoproduzione di energia elettrica totalmente alimentato da fonti rinnovabili

energetico  $H_2$  verrà poi immagazzinato in appositi serbatoi o altri sistemi di stoccaggio e impiegato per produrre energia elettrica tramite l'impiego delle celle a combustibile (*fuel cell*). Tale energia elettrica potrà poi rispondere al carico elettrico richiesto dalle abitazioni o dalle aziende o alimentare i veicoli e/o i mezzi di lavoro per l'autotrazione.

### Turbine Eoliche

In particolare, nelle aree urbane la produzione di energia da fonte rinnovabile sarà resa possibile dallo sviluppo di nuove turbine eoliche espressamente progettate per tali siti con caratteristiche peculiari tra cui la notevole turbolenza della risorsa eolica. In dettaglio, le nuove turbine sviluppate dalla Tozzi Nord (società partecipata della TRE) sono ad asse verticale con potenza nominale compresa tra 1.5-5 kW e verranno applicate principalmente sopra i tetti degli edifici. Un secondo progetto di ricerca nel campo eolico è invece indirizzato a realizzare turbine ad asse orizzontale per siti poco ventosi (velocità media del vento inferiore a 5 m/s) e potenza nominale compresa tra 6.5-100 kW per applicazioni in zone suburbane artigianali, industriali o agricole o nelle darsene dei porti, etc.. Le due classi di turbine sopra presentate contribuiranno, ovviamente a seconda

della risorsa eolica, alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile diminuendo la richiesta di energia dalla rete e di conseguenza le emissioni di gas clima-alteranti.

### Fotovoltaico

Nel settore fotovoltaico, il progetto della TRE è indirizzato allo sviluppo di know-how per la realizzazione di celle foto-elettrochimiche che impiegano materiali organici e inorganici diversi dal silicio (presso il laboratorio congiunto del CNR-INFM-NNL di Lecce – Tozzi DauniaWind) (M. Grätzel - B. O'Regan, 1991). La TRE ha puntato su tecnologie e materiali alternativi al silicio, in quanto la tecnologia per la produzione di celle al silicio richiede tecnologie costose tipiche dell'elettronica e, ad oggi, non vi è una facile reperibilità della materia prima, soprattutto per una società che sta entrando ora nel mercato. Le recenti scoperte hanno, però, portato alla ribalta nuove tecnologie per la realizzazione di celle fotovoltaiche basate su materiali organici. La gamma di questo tipo di celle solari, che si trova in diversi stadi di ricerca e di maturazione tecnologica, è ampia e comprende, in sintesi, le celle organiche (la cui parte attiva è totalmente organica o polimerica), quelle ibride organiche-inorganiche e le celle



“dye sensitized” (la cui parte fotoelettricamente attiva è costituita da un pigmento, da ossido di titanio e da un elettrolita). Il progetto della TRE prevede l’industrializzazione delle celle dye sensitized (dette anche DSSC o celle di Grätzel). In questo caso, i processi di preparazione delle celle sono decisamente a basso costo, essendo prevalentemente associati a tecnologie di stampa tradizionale, e, la realizzazione di tali celle può essere ottenuta con un basso impatto ambientale. Efficienze massime del 10%-12% e tempi di vita di vari anni, valori comunque in costante aumento, sono stati misurati in laboratorio per questo tipo di cella.

### Tecnologia Idrogeno

Il progetto della TRE (presso il laboratorio congiunto del CNR-ITAE di Messina – TRE) nell’ambito delle tecnologie ad idrogeno riguarda lo sviluppo di celle a combustibile, elettrolizzatori ed ingegneria di sistema (connessione fonte rinnovabile, sistema di accumulo) per l’accumulo di energia basato su H<sub>2</sub> come vettore energetico per applicazione in campo stazionario-domestico (potenza compresa tra 1-20 kW).

Ad oggi, la diffusione dei sistemi con elettrolizzatori (sistemi in grado di produrre idrogeno dall’acqua tramite impiego di energia elettrica) e celle a combustibile (celle elettrochimiche in grado di produrre energia elettrica impiegando l’idrogeno come combustibile) richiede che vengano messi a punto prodotti in grado di competere, per affidabilità, durata e costi con gli altri sistemi di generazione di potenza disponibili sul mercato (turbine a gas e/o vapore semplici o a ciclo combinato) che, nonostante abbiano notevolmente incrementato l’efficienza, non potranno mai competere con il livello di accettabilità ambientale proprio del sistema celle a combustibile. Infatti, le emissioni degli impianti a celle a combustibile, particolarmente adatti ai sistemi di generazione distribuita, si mantengono al di sotto del 10% di un impianto convenzionale. Inoltre, un impianto a celle combustibile presenta un’efficienza energetica superiore a quelli convenzio-

nali, garantendo una sensibile riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. In particolare, a titolo di esempio un impianto per la produzione di energia elettrica alimentato da celle combustibile da 200 kW porta ad un risparmio, in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> di circa 1000 ton/anno considerando un utilizzo medio di 7000 ore/anno.

### 7. CONCLUSIONI

TRE Tozzi Renewable Energy SpA, coerentemente con quanto suggerito dal quadro legislativo europeo e nazionale, è impegnata attivamente in diverse attività finalizzate all’abbattimento delle emissioni dei gas clima-alteranti. In particolare, contribuisce al raggiungimento degli obiettivi previsti dal protocollo di Kyoto e dai provvedimenti varati dall’Unione Europea, in termini di minore dipendenza dalle fonti fossili nonché all’abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente attraverso i propri programmi di produzione di energia da fonti rinnovabili, e attraverso le attività del proprio settore Ricerca e Sviluppo, per il perfezionamento o la analisi di nuove applicazioni (mini eolico per zone poco ventose e micro eolico in ambiente urbano, fotovoltaico su celle foto-elettrochimiche che impiegano materiali organici e inorganici diversi dal silicio, tecnologia a idrogeno per celle a combustibile).

### BIBLIOGRAFIA

- DE LILLO A., (2006) - *Dossier ENEA per il solare fotovoltaico*.  
 ENEA - *Energia e Ambiente 2006*, [www.enea.it](http://www.enea.it).  
 ENEL - *Rapporto Ambientale 2006*.  
 GSE - *Statistiche sulle fonti rinnovabili in Italia*, Anno 2006.  
 GRÄTZEL M. , O’REGAN B. (1991) - *Nature* 353 - 737.  
 IPCC - *International Panel on Climate Change*, (2006), <http://www.ipcc.ch>.  
 PALLABAZZER R., (2004) - *Sistemi eolici*, Rubbettino.  
 SORENSEN B. (1979) - *Renewable Energy*, Academic Press.

