



Convegno di EcoOne
Sostenibilità ambientale e questione energetica
Castel Gandolfo, 14 – 16 maggio 2010

L'energia nucleare

Alberto Renieri¹

1. Introduzione

Le forti oscillazioni dei costi dei combustibili fossili, il notevole incremento dei consumi nei paesi cosiddetti “emergenti” (in particolare in Asia), le preoccupazioni ambientali e di sicurezza di approvvigionamento energetico e, infine, le problematiche collegate alle modalità di penetrazione delle energie rinnovabili, stanno spingendo molti paesi a ridefinire la composizione del loro mix energetico, in particolare riguardo a quale ruolo dovrà giocare l'energia nucleare da fissione. Lo scenario attuale (dati del 2007) relativo a *tutti* i consumi energetici primari (industria, trasporti, riscaldamento e condizionamento, agricoltura, usi non energetici, ...) vede le fonti rinnovabili (idroelettrico, eolico, solare, geotermico, biomasse) fornire un contributo dell'ordine del 6-7%, analogo contributo viene dal nucleare, mentre più del 80% viene fornito dai combustibili fossili (petrolio, carbone, gas). Facendo solo riferimento alla produzione di energia elettrica nei paesi della Unione Europea le fonti rinnovabili si assestano attorno al 13%, il nucleare attorno al 33% e le fonti fossili attorno al 54%. Questi dati se, da una parte, ci fanno subito comprendere come ancora per molto tempo la nostra economia dovrà fare ricorso alle fonti fossili, d'altra, inducono a riflettere sull'opportunità di agire tempestivamente al fine di accelerare un riequilibrio del mix energetico che tenga conto del complesso delle esigenze economiche, strategiche ed ambientali. Se ci si concentra sulla situazione italiana, il quadro appare ancora più problematico. Infatti la copertura del carico elettrico nel nostro

¹ I punti di vista espressi sono quelli degli autori e come tali non necessariamente riflettono l'opinione di EcoOne che non è responsabile per l'utilizzo delle informazioni qui contenute.



paese (anno 2006) è fornita da 14,5% da fonti rinnovabili (principalmente idroelettrico), da 12,5% fonte nucleare importato (principalmente dalla Francia), e ben il 71% da fonti fossili (44% gas, 13,1 % petrolio, 12,3 % carbone, 1,6 % altro). Va inoltre sottolineato come il massiccio impiego del gas sia unico nello scenario internazionale, dove si preferisce utilizzare il gas per impieghi molto più mirati, come, ad esempio, gli usi domestici, vista la possibilità di distribuzione capillare di tale combustibile, piuttosto che per la produzione di energia elettrica in grandi impianti centralizzati. I paesi asiatici non hanno mai interrotto la realizzazione di nuovi impianti nucleari, ma la novità è costituita dal rinnovato interesse di Europa e USA, dopo una lunga stasi di ordini di nuovi impianti nel mondo occidentale durata circa venti anni, in gran parte dovuta a ragioni economiche e di politica industriale ed alla tendenza generalizzata alla privatizzazione anche per infrastrutture strategiche come quelle energetiche. Anche l'Italia, unico Paese che ha arrestato tutti i propri reattori nucleari di potenza, sta fattivamente operando per reinserire nel mix energetico anche l'opzione nucleare (non solo di importazione ma anche di produzione).

2. Scenario attuale

Lo sviluppo dell'energia nucleare da fissione è legato alla necessità di competere, su larga scala, con i combustibili fossili, tenendo conto che l'utilizzo di tali fonti sarà ancora necessario a causa dei fabbisogni energetici crescenti (2010-2050). Va sottolineato che quando si parla di nucleare ci si riferisce essenzialmente alla produzione di elettricità (e, in futuro, anche idrogeno). Due dati sono da mettere in evidenza:

- per il 2050 si prevede un aumento della domanda di un fattore 2,5;
- attualmente la generazione di elettricità è causa della produzione del 27% del CO₂ antropogenico.

La situazione al 2006 è la seguente:

| | |
|--|-------------------|
| <u>Produzione e Impianti</u> | |
| Reattori in esercizio | 442 |
| Potenza installata | 370 GWe |
| Potenza al 1986 (prima di Chernobyl) | 250 GWe |
| Aumento della potenza (2006/1986) | +48% |
| Produzione Eletttronucleare | 2658 TWh |
| Aumento di Produzione (2006/1986) | +65% |
| <u>Contributo alla produzione di energia elettrica</u> | |
| in Europa (U.E. a 27) | 33% (prima fonte) |

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| nell'OCSE | 25% |
| nel Mondo | 17% |
| <u>Programmi nucleari</u> | |
| Reattori in costruzione | 30 pari a 22,4 GWe |
| Reattori in progetto | 64 pari a 81,6 GWe |
| Reattori in fase di pianificazione | 182 pari a 151,3 GWe |

Facendo riferimento al giugno 2008, la situazione relativa ai nuovi impianti è la seguente:

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Reattori nucleari in costruzione | 41 |
| Paesi coinvolti | 14 |
| Tempo di realizzazione medio (Asia) | 62 mesi |

Tenendo conto dei piani nazionali e dei processi autorizzativi in corso, i paesi che avranno la più alta capacità nucleare nel 2020 saranno: USA, Francia, Giappone, Federazione Russa, Cina e Corea del Sud. USA e Cina avranno il maggiore incremento di capacità nucleare

Nel contesto di mercato prima esposto l'industria elettronucleare si sta preparando a fornire *nuovi tipi di reattori* per far fronte agli ordinativi ed alle condizioni al contorno (disponibilità di materie prime, norme per la protezione dell'ambiente e della salute), prevedibili per il prossimo futuro.

Caratteristiche tipiche per questi nuovi tipi di reattori (che fanno parte della cosiddetta generazione III e III+) sono:

- un progetto standardizzato che abbrevi le procedure di approvazione e riduca i tempi ed i costi di costruzione;
- alta disponibilità e lunga vita utile (tipicamente, 60 anni);
- presenza di dispositivi di sicurezza di tipo "intrinseco" o "passivo";
- flessibilità nella composizione del combustibile (uranio naturale ed a vari arricchimenti, miscele uranio-plutonio, quest'ultimo anche proveniente dallo smantellamento di armi nucleari, miscele uranio-torio) e sua alta "utilizzabilità" (*burn-up*), al fine di distanziare nel tempo le ricariche.

La generazione III è quella cui appartengono i reattori attualmente in corso di realizzazione (tra i quali si possono citare l'*European Pressurized Water Reactor* (EPR) da 1.600 MWe fornito dalla AREVA in Francia e Finlandia e l'*Advanced Passive* da 1.000 MWe AP1000 fornito dalla Westinghouse – Toshiba in Cina).

Riguardo alla generazione III+, costituita da una classe di reattori evolutivi rispetto ai

precedenti, si prevede siano disponibili fra il 2010 e il 2015: *Advanced CANDU Reactor* (ACR), in corso di certificazione in Canada, Cina, Stati Uniti e Regno Unito; i reattori refrigerati a gas ad alta temperatura come il *Pebble Bed Modular Reactor* (PBMR), sviluppato in Sud Africa ed il GT-MHR, reattore modulare refrigerato a gas da 100 MWe progettato da General Atomics (Stati Uniti).

Una menzione particolare fra i reattori di questa generazione merita l'*International Reactor Innovative & Secure (IRIS)* da 350 MWe, sviluppato da un ampio consorzio internazionale guidato da Westinghouse e di cui fanno parte anche università, organizzazioni di ricerca (tra le quali l'ENEA) ed imprese italiane.

3. Trattamento e gestione dei rifiuti nucleari

La sostenibilità della fonte di energia nucleare dipende da vari fattori, tra i quali:

- disponibilità del combustibile
- economicità
- capacità di gestione dei rifiuti nucleari

È questo ultimo punto (la capacità di gestione dei rifiuti nucleari) che viene considerato dall'opinione pubblica particolarmente critico e che sicuramente necessita di una attenta analisi.

I rifiuti nucleari costituiscono una particolare tipologia di rifiuti radioattivi. I rifiuti radioattivi sono costituiti da materiali di varia natura che incorporano elementi radioattivi e che provengono da attività di tipo industriale, medica, di ricerca e (rifiuti nucleari) energetico. Nella operazione di una centrale nucleare vengono prodotti rifiuti radioattivi di vari tipologie, che vanno opportunamente trattati in impianti di condizionamento, eventualmente di riprocessamento e, in futuro, di trasmutazione per la loro distruzione definitiva. Infine vanno opportunamente smaltiti in depositi per lo stoccaggio per breve e lunga durata:

- stoccaggio di breve durata: rifiuti a bassa e media attività;
- stoccaggio di lunga durata: rifiuti ad alta attività.

Specificamente:

- I rifiuti radioattivi a bassa/media attività (detti di II categoria) vanno smaltiti in depositi superficiali o sub-superficiali a bassa profondità di tipo "ingegneristico" che ga-

rantiscono isolamento dall'ambiente esterno per alcuni secoli. *Tali depositi sono anche utilizzati per lo stoccaggio temporaneo (~ 50 anni) dei rifiuti radioattivi ad alta attività o a lunga vita al fine di permettere lo smaltimento del calore prodotto dai radioisotopi a vita relativamente breve (qualche decina di anni).*

- I rifiuti ad alta attività (detti di III categoria) contengono, in quantità estremamente ridotta, una particolare famiglia di elementi (gli attinidi) che sono caratterizzati dall'aver vite medie estremamente lunghe (decine/centinaia di migliaia di anni). *Il loro smaltimento non può perciò essere affidato a un deposito "ingegneristico", che non assicurerebbe una segregazione dall'ambiente per periodi così lunghi, ma piuttosto in un deposito geologico la cui stabilità sui lunghissimi periodi di anni assicura tale segregazione, al termine della quale la radiotossicità è ridotta al valore dell'Uranio naturale, cioè alla situazione di partenza. Si prendono in considerazione formazioni geologiche a elevata profondità (600-800 m) che presentino caratteristiche di stabilità e impermeabilità (giacimenti di salgemma, formazioni argillose o di granito).*

Per dare un'idea delle dimensioni del problema si può ricordare che:

- Il totale dei rifiuti ad alta attività prodotti dalle Centrali Nucleari e dagli Impianti del Ciclo del Combustibile che hanno operato per circa 30 anni in Italia dall'inizio degli anni sessanta fino alla chiusura delle attività alla fine degli anni ottanta ha una dimensione di 8000 m³ che occuperebbero complessivamente un volume di un *cubo di 20 metri di lato.*
- Il totale dei rifiuti ad alta attività prodotti in un anno da una Centrale Nucleare di III generazione di 1 GWe ha una dimensione di 0,05 m³ che occuperebbero complessivamente un volume di un *cubo di 37 cm di lato.*

Al fine di ridurre drasticamente numero e dimensione dei depositi geologici, comunque necessari, si è arrivati a definire una nuova filosofia di approccio riguardo alla gestione dei rifiuti ad alta attività e a lunghissima vita media denominata *chiusura del ciclo*:

- *Ritrattamento*: Separazione di Uranio e Plutonio dai prodotti di fissione, *al fine di un loro ulteriore utilizzo come combustibile.*
- *Bruciamento* dei rifiuti ad alta attività direttamente all'interno del reattore: è questa la scelta adottata per i reattori della cosiddetta IV generazione (*Generation IV*).

4. Lo sviluppo delle nuove tecnologie di IV generazione

I reattori di quarta generazione sono oggetto di una iniziativa avviata nel gennaio 2000, quando dieci Paesi si sono uniti per formare il “*Generation IV International Forum*” (GIF) al fine di sviluppare i sistemi nucleari di futura generazione, cioè i sistemi che potranno divenire operativi fra 20 o 30 anni, subentrando all’attuale generazione di reattori a neutroni termici refrigerati ad acqua. Attualmente i membri sono 13: Argentina, Brasile, Canada, Cina, Euratom, Francia, Giappone, Corea del Sud, Federazione Russa, Sud Africa, Svizzera, Regno Unito, USA.

L’Italia partecipa al GIF tramite l’EURATOM, che ne è membro.

I requisiti richiesti ai sistemi nucleari di IV generazione sono:

- sostenibilità; massimo utilizzo del combustibile (nei reattori *veloci* viene utilizzato tutto l’uranio disponibile e non, come nei reattori termici, solo l’isotopo fissile 235 che ne costituisce una piccola frazione (<1%)) e minimizzazione dei rifiuti radioattivi (“bruciamento” nel reattore stesso dei rifiuti ad alta attività e lunga vita media);
- economicità; basso costo del ciclo di vita dell’impianto e livello di rischio finanziario equivalente a quello di altri impianti energetici;
- sicurezza e affidabilità; i sistemi di quarta generazione dovranno avere una bassa probabilità di danni gravi al nocciolo del reattore e tollerare anche gravi errori umani; non dovranno, inoltre, richiedere piani di emergenza per la difesa della salute pubblica, non essendoci uno scenario credibile per il rilascio di radioattività fuori dal sito;
- resistenza alla proliferazione e protezione fisica contro attacchi terroristici.

I sistemi di IV generazione allo studio sono:

- | | |
|---|------|
| • Gas-Cooled Fast Reactor System | GFR |
| • Lead-Cooled Fast Reactor System | LFR |
| • Molten Salt Reactor System | MSR |
| • Sodium-Cooled Fast Reactor System | SFR |
| • Supercritical-Water-Cooled Reactor System | SCWR |
| • Very-High-Temperature Reactor System | VHTR |

Va sottolineato che nella tecnologia dei reattori di tipo LFR e VHTR l’Italia è attualmente impegnata ad alto livello (*ENEA, CIRTEN, INDUSTRIA*). Mentre nel reattore di tipo SFR



l'Italia fu fortemente impegnata, prima del disimpegno dal nucleare a seguito del referendum del 1987.

5. Conclusioni

Un mix equilibrato tra le varie fonti potrà assicurare uno corretto sviluppo per il nostro pianeta, in generale, e per i paesi cosiddetti *emergenti* in particolare, rispettoso per le problematiche ambientali, di sicurezza per le popolazioni, di sicurezza riguardo ad attacchi terroristici, e di controllo delle problematiche connesse con l'uso non in ambito civile e, in particolare, proliferante delle tecnologie nucleari. Lo slogan è: *"No single solution... a portfolio of technologies is required"*.