

## I punti critici del nucleare

di Francesco Gonella - Università Ca' Foscari - Venezia

Il problema nel voler formarsi un'opinione sensata e obiettiva sul nucleare è costituito in gran parte dalle fonti di informazione, il più delle volte contraddittorie non solo nelle analisi proposte, ma persino nei dati riportati. E questo perché la maggior parte delle fonti di informazione di più facile accesso (come mass media e pubblicazioni divulgative) solitamente è a favore o contro sulla base dell'appartenenza a un'ideologia politica o a una qualche comunità o corporazione.

Tra le molte consultate (sia pro che contro), la mia scelta è caduta sui seguenti documenti, frutto del lavoro di esperti riconosciuti, a livello internazionale, nei settori energia, analisi politica, economia, ingegneria nucleare, pianificazione, ambiente, conflitti:

- [1] International Atomic Energy Agency, "International Status and Prospects of Nuclear Power", 2008;
- [2] Massachusetts Institute of Technology, "The Future of Nuclear Power: an Interdisciplinary MIT Study", MIT Press, 2003;
- [3] International Energy Agency, World Energy Outlook 2006;
- [4] L. Maugeri, "Con Tutta l'Energia Possibile", Sperling & Kupfer 2008.

**La situazione** . I maggiori nodi sono:

- la reale convenienza economica;
- la sicurezza;
- lo smaltimento dei rifiuti;
- il pericolo della proliferazione di armamenti nucleari;
- la sua efficacia nell'abbattimento dei gas-serra;
- la disponibilità di combustibile.

Vanno poi aggiunti:

- la gestione e il trasporto del combustibile;
- la fiducia o la sfiducia pubblica;
- la disponibilità di lavoratori esperti;

- la questione delle necessarie infrastrutture.

La situazione al 2008 è la seguente [1,3]:

- 439 reattori nucleari nel mondo disseminati in 30 nazioni;
- 372 GW di produzione netta (in elettricità);
- 14% di contributo alla fornitura mondiale di elettricità;
- 6% di contributo all'energia totale utilizzata nel mondo;
- 33 reattori in costruzione (21 in Estremo Oriente o nell'Est europeo; 8 in Africa; 2 in Europa occidentale; 1 in Nord America).

La maggior parte dei reattori sono reattori di “terza generazione” e cioè *Pressurized Water Reactors* (258 esistenti) e *Boiling Water Reactors* (91).

Le previsioni sul “futuro” del nucleare variano moltissimo data la complessità della materia. L'IAEA propone [1] i seguenti due scenari limite per la capacità di generazione di energia elettrica da nucleare (in GW), pur mettendo in guardia che “tutte le proiezioni, da parte dell'IAEA o di altri, hanno un alto grado di incertezza”:

REGIONE	2007	2010		2020		2030	
		scenario “low”	scenario “high”	scenario “low”	scenario “high”	scenario “low”	scenario “high”
Nord America	113.2	113.5	114.5	121.4	127.8	131.3	174.6
America Latina	4.1	4.1	4.1	6.9	7.9	9.6	20.4
Europa Occidentale	122.6	119.7	121.3	92.1	129.5	73.9	150.1
Europa Orientale	47.8	48.2	48.3	72.1	94.7	81.2	119.4
Africa	1.8	1.8	1.8	3.1	4.5	4.5	14.3
Medio Oriente e Sud Asia	4.2	7.6	10.1	12.5	24.3	15.9	41.5
Sudest Asiatico e Pacifico	0	0	0	0	1.2	1.2	7.4
Estremo Oriente	78.5	81.3	83.1	129.2	151.8	155.7	219.9
TOTALE MONDIALE	372.2	376.3	383.1	437.4	541.6	473.2	747.5

La scelta del nucleare – così risulta da questa tabella – non è *ineluttabile*. Resta cioè una fonte marginale. Tenendo conto dell'aumento previsto per i consumi globali, nel 2030 il contributo del nucleare all'energia utilizzata nel mondo si attesterebbe comunque soltanto attorno al 10%.

**Il costo del nucleare.** Questo è per certi aspetti il nodo più complesso, sul quale si hanno i dati più contraddittori. Di fatto, i numeri cambiano (sia per il nucleare che per le altre fonti) a seconda che il calcolo si riferisca a:

- impianto funzionante;
- impianto funzionante con tecnologie in sviluppo ma non ancora disponibili;
- presenza o meno di incentivi;

e a seconda che tenga conto o meno:

- dei costi reali di allestimento;
- dei costi di dismissione o smantellamento;
- dell'andamento futuro del costo dei rispettivi combustibili, materiali e tecnologie.

La realtà è che da nessuna parte al mondo investitori privati comperano né finanziano impianti nucleari, e solo gli interventi statali tengono in vita il nucleare.

La spesa di costruzione di una centrale nucleare raffreddata ad acqua da 1000 MW è stimata [2] a circa 1,5 miliardi di euro. Questa stima è spesso inferiore alla realtà. I calcoli infatti sono parametrizzati su un tempo "convenzionale" basato su sole valutazioni ingegneristiche (*engineering-based*) di 5 anni per la costruzione: in Occidente, considerando tutti i reattori ultimati nel quinquennio 2001-2005, la costruzione è avvenuta in media in 109 mesi (fonte IAEA citata da [4]). Aggiungendo poi il tempo necessario per permessi, autorizzazioni e valutazioni di impatto ambientale nonché quello per i lavori di connessione alla rete elettrica, i tempi *reali* si attestano in media sui 200 mesi (16,6 anni) [4]. Altro tempo si perde nella ricerca del consenso pubblico e degli amministratori locali. La stima di costi basata solo su fattori ingegneristici è quindi inutilizzabile: comunque si affronti il discorso, la possibilità che il nucleare rappresenti per il nostro Paese un vantaggio economico nel breve-medio termine è *semplicemente inesistente*.

Riguardo ai costi a medio-lungo termine, una volta concluso il suo ciclo di vita un reattore va fermato e smantellato (*decommissioning*). Smantellare una centrale costa (per un reattore raffreddato ad acqua da 1000 MW) circa 400 milioni di €, fino ad arrivare a circa 2 miliardi di € per i reattori inglesi raffreddati a gas. Viene poi il problema del costo della collocazione finale dei rifiuti a elevata radioattività: gli Stati Uniti da soli hanno già speso oltre 5,4 miliardi di € *soltanto in studi e progetti di fattibilità* per individuare i siti di stoccaggio adeguati (fonte MIT citata da [4]).

Per quel che riguarda il costo del combustibile, il 40% delle richieste di uranio vengono soddisfatte (dati 2008) da fornitori secondari -uranio immagazzinato o materiale ex-militare- e da materiali riciclati. Questo stato di cose aveva finora mantenuto basso il prezzo dell'uranio, ma nel giro di 5 anni esso è aumentato di circa 10 volte come reazione anticipata alla crescita della domanda e al depauperamento delle forniture secondarie [1].

Al di là di tutte le considerazioni di cui sopra, vi è comunque un dato di fatto: mentre una comparazione obiettiva tra i costi del nucleare e delle fonti a combustibile fossile può essere perlomeno tentata, il paragone -dal punto di vista economico- con fonti rinnovabili è viziato dal fatto che gli stanziamenti in ricerca e sviluppo per queste ultime sono stati negli ultimi decenni grandemente penalizzati a favore del nucleare, laddove i futuri costi *reali* delle altre fonti energetiche rinnovabili dipenderanno pesantemente -

secondo tutte le stime- dagli investimenti iniziali che si vorranno rispettivamente assegnare, nonché dalle normative nazionali e internazionali sugli incentivi fiscali.

Un ultimo accenno merita la possibilità che tecnologie in sviluppo (su tutte, i reattori di quarta generazione) diano risposte agli interrogativi di cui sopra. Le stime attuali [4] per i reattori di quarta generazione, che puntano effettivamente a ottenere costi più competitivi, attestano però una loro *probabile* – e non certa - disponibilità solo dopo il 2030.

**La sicurezza del nucleare.** È possibile – ci si chiede - un incidente con conseguenze per la popolazione? Le stime concordano nel quantificare la frequenza di incidenti come virtualmente nulla, ma *solo nel caso che tutto venga messo in opera, mantenuto e gestito in modo ottimale* [2]. Non si possono cioè tollerare imperfezioni ed errori. La componente umana è più difficilmente controllabile rispetto quella ingegneristica. In Francia, *soltanto nel mese di luglio 2008*, si sono verificati 4 incidenti a impianti nucleari (Tricastin 2 volte, Romans-sur-Isère, Rhône Valley) con diffusione di radioattività nell'ambiente o contaminazioni ad esseri umani. Le autorità inquirenti hanno concluso che gli incidenti di Tricastin hanno rivelato “...una catena di malfunzionamenti e di negligenze umane...” (fonte: UNEP Year Book 2009, United Nations Environment Programme).

La sicurezza da un possibile attacco terroristico è ancora più difficile da quantificare. La British Nuclear Fuel definisce semplicemente “inimmaginabile” che un aereo si schianti su una centrale, mentre il gruppo di lavoro del MIT afferma che “il livello a cui gli impianti nucleari debbano essere messi in grado di resistere a possibili attacchi terroristici deve ancora essere attestato” [2].

Per gli armamenti nucleari, “la minaccia di una proliferazione di armi nucleari legata alla produzione e al commercio illegale di uranio arricchito o di plutonio è altissima” [4]. Di fatto, una maggiore diffusione di centrali a ciclo chiuso faciliterà lo smaltimento e l’immagazzinamento del combustibile radioattivo, tuttavia proprio nel ciclo chiuso viene indicata la fonte per la produzione di plutonio che potrebbe esser venduto illegalmente a paesi o gruppi terroristici [2,4].

**Conclusioni.** Da tutto questo appare chiaro che nella scelta nucleare vi sono, economicamente, gravi interrogativi:

- costi iniziali altissimi;
- rischi finanziari eccessivi per gli investitori;
- tempi lunghissimi di attuazione;
- costi enormi per la dismissione e lo smaltimento delle scorie;
- e soprattutto, “drenaggio” *non sostenibile* di fondi dedicabili allo sviluppo di fonti alternative o a programmi di risparmio energetico.

Dal punto di vista della sicurezza, se gli aspetti tecnico-ingegneristici sembrano indicare un livello di rischio veramente basso, altrettanto non si può dire riguardo a:

- sicurezza degli impianti a seguito di negligenze o errori umani;
- sicurezza rispetto ad attacchi terroristici;
- sicurezza nella gestione dei rifiuti radioattivi;
- sicurezza rispetto a commercio di materiale per armamenti nucleari.

Dida tabella: la tabella proposta da IAEA illustra i limiti minimi ("low") e massimi ("high"), espressi in GW, della produzione di energia elettrica da nucleare